7.55
Iegūts apmaiņā pret
Acta Horti Botanici.
Nachlaß von Prof. N. Malta

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA —FINSKA FORSTSAMFUNDET

568.

ACTA FORESTALIA FENNICA

30.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE LA FINLANDE

HELSINGFORSIAE 1926.

Nachlaß von Prof. N. Malta
568.

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA —FINSKA FORSTSAMFUNDET

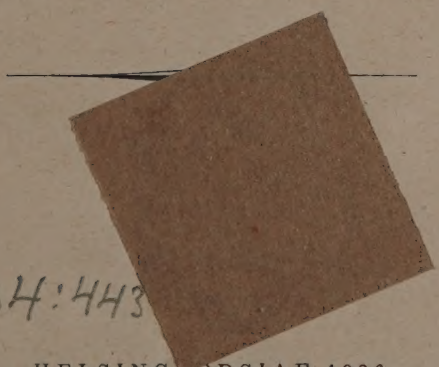
ACTA FORESTALIA FENNICA

30.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE LA FINLANDE



Inv. 1934:443

HELSINGFORSIAE 1926.

Acta forestalia fennica 30.

Lönnroth, Erik, Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands ..... 1—269
Lönnroth, Erik, Der stereometrische Bestandesmittelstamm ..... 1—35
Kokkonen, P., Beobachtungen über die Struktur des Bodenfrostes ..... 1—56
Lönnroth, Erik, Ein Dendrometer ..... 1—17

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE INNERE STRUKTUR UND ENTWICKLUNG GLEICHALTRIGER NATURNORMALER KIEFERNBESTÄNDE

BASIERT AUF MATERIAL AUS DER SÜDHÄLFTE FINNLANDS

VON

ERIK LÖNNROTH

HELSINKI 1925

HELSINKI 1925
DRUCKEREI DER SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINO O.Y.

Vorwort

Für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit, welche eine sowohl die theoretischen Grundlagen als die praktische Akkommodierung der Forstwirtschaft eng berührende Frage behandelt, erlaube ich mir, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Generaldirektor Prof. Dr. A. K. CAJANDER hier meinen wärmsten Dank auszusprechen.

In besonderer Dankbarkeitsschuld stehe ich auch zu Herrn Prof. Dr. J. W. LINDEBERG, der mir bei den mathematisch-statistischen Spezialfragen in mannigfaltigster Weise entgegengekommen ist.

Weiter möchte ich erwähnen, dass die Staatsforstverwaltung mir die Erlaubnis gegeben hat, meine Walduntersuchungen in den Staatswäldern auszuführen, was meine Untersuchungen von Grund aus gefördert hat; dasselbe gilt von A. B./W. Gutzeit & Co. Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland, der Finnischen Akademie der Wissenschaften sowie meinem Vater, Feldprobst A. LÖNNROTH, die mich bei den umfassenden und kostspieligen Materialbearbeitungen pekuniär unterstützt haben, an dieser Stelle meine tiefgefühlte Erkenntlichkeit zu bezeigen. Dankbar erwähne ich noch die Herren Professoren Dr. O. HEIKINHEIMO und Dr. Y. ILVESSALO, die mir beim Aufsuchen von Probebeständen in liebenswürdiger Weise behilflich gewesen sind.

Schliesslich sei es mir gestattet, Herrn Prof. Dr. G. SCHMIDT für die Gestaltung meiner Arbeit in deutscher Sprache meinen besten Dank zu sagen.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht

S.

Die Differenzierung der Bäume im Bestand 1

Die Systeme der Klassifikation der Bäume im Bestand 4

Frühere Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung der Waldbestände 58

Die Grundlagen der vorliegenden Untersuchung:

Die Bonitierung der Standorte 70

Die in der Südhälfte Finnlands vorherrschenden gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbestände 70

Die untersuchten Probebestände 75

Die Aufnahme der Probebestände 89

Die bei der Behandlung des Probematerials angewandten mathematisch-statistischen Untersuchungsmethoden 115

Die Prüfung der Homogenität des Bestandesmaterials 141

Die innere Struktur und Entwicklung des gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbestandes:

Die Stammzahl 154

Die Höhe 169

Die Krone 191

Der Brusthöhendurchmesser 203

Die Grundfläche 225

Das Volumen 227

Literaturverzeichnis 241

Graphische Tafeln 2–60 (Fig. 1 auf S. 183)

Die Differenzierung der Bäume im Bestand.

Die Fortdauer und Vermehrung der Gattung versucht die Natur teilweise mit überaus verschwenderischen Mitteln zu sichern.

In dem Kampfe zwischen den Arten ist die Intensität der Vermehrung eine wichtige Waffe bei der Verteidigung schon errungener günstiger und bei der Eroberung neuer Lebensbedingungen. Wie auf diese Weise der Individuenreichtum der Art als solcher nach aussen hin zu bedeutendem Nutzen gereicht, ruft er, besonders in der Pflanzenwelt, im Zusammenhang mit dem natürlichen Heranwachsen der Individuen aus kleinen Schösslingen zu erwachsenen Pflanzen, innerhalb der eigenen Bestände der Arten einen Wettkampf zwischen Individuen und Individuengruppen ins Leben, dessen Schärfe mit der Vermehrungsintensität und der Wachstumsgeschwindigkeit zunimmt. Der Kampf um die Lebensbedürfnisse wird dabei zu einem höchst wichtigen Faktor für die Entwicklung des Individuums, und je höher die Anforderungen der Art hinsichtlich dieser Konkurrenzobjekte, je gewaltiger das Entwicklungsvermögen und der Entwicklungsdrang des Individuums sind, sowie je zäh- und langlebiger die Individuen der betreffenden Pflanzenart an sich sind, um so erbitterter gestaltet sich dieser Wettbewerb im allgemeinen und um so deutlicher treten dann auch im grossen ganzen die Folgen dieses Kampfes innerhalb des Bestandes für diesen selbst hervor. Ein solcher Kampf ums Dasein führt zunächst zu einer biologischen Differenzierung der Individuen — zum Sieg und zur Übermacht der einen, wie zur Unterwerfung und Bedrängnis der andern — und weiterhin, nachdem die Leiden des verdrängten Individuums aufs Höchste gestiegen sind und die untere Grenze der Lebensmöglichkeit erreicht ist, — zum Tode. —

Die Entscheidung über Sieg bzw. Untergang in diesem Kampfe der Individuen innerhalb der Bestände ist eine Resultante aus fast unzäh-

ligen, mehr oder weniger bedeutungsvollen Umständen. Die zufällige Stellung der Bestandesindividuen zueinander, Unterschiede zwischen ihren Vererbungsanlagen, örtliche Schwankungen in ihren Standplätzen, etwaige Altersunterschiede, Himmels- und Windrichtungen, Anfangsdichte und Gleichmässigkeits- bzw. Ungleichmässigkeitsgrad des Bestandes, Bodenneigungsverhältnisse, die verschiedenartigsten Naturschäden, Kultur u. a. Umstände — dies alles sind Faktoren, die die Differenzierung individuell bestimmen.

Für den Baum- oder Waldbestand, das Gehölz, ist der hier erwähnte Entwicklungsgang schon wegen des der Baumpflanze eigenen starken Entwicklungsbedürfnisses und im allgemeinen auch wegen ihrer relativ bedeutenden Zäh- und Langlebigkeit ausserordentlich typisch. Die Differenzierung der Individuen als Ergebnis eines erbitterten Kampfes ums Dasein ist mithin im Waldbestand sehr bedeutend, wobei als Resultat ihrer negativen Richtung eine gewaltige Verminderung der Stammzahl hervortritt.

* * *

Die Erforschung des innerbestandlichen Kampfes würde eine Untersuchung der Differenzierung der Bestandesindividuen auf Grund des Obigen bedeuten, was gleichzeitig auf eine Analyse der inneren Struktur und Entwicklung des Bestandes hinauslaufen würde. Soll eine solche Untersuchung zielbewusst vorgehen, so muss sie zunächst eine nähere Charakterisierung und Gradierung dieser Differenzierung, nebst einer entsprechenden Klassifizierung der Baumindividuen in zu bildende Klassen — Baumentwicklungsklassen — vornehmen. — Durch eine solche Klassenbildung mit entsprechender Hineinklassifizierung der Baumvarianten wird man die notwendige Basis für eine diesbezügliche, mit Heranziehung mathematisch-statistischer Forschungsmethoden ausgeführte Untersuchung gewinnen.

Das so definierte Thema ist an sich sehr umfangreich. Es liegt daher kein Anlass vor, in den Rahmen einer einzigen Untersuchung alle die Spezialfragen aufzunehmen, die zu diesem Gegenstand gehören könnten. Darum beschränkt sich die vorliegende Untersuchung erstens auf gleichaltrige naturnormale Kiefernbestände der in der Südhälfte Finnlands vorherrschenden

Waldtypen, zweitens auf die oberirdischen Teile des Baumes und drittens auf die biologische Klassifizierung der Baumindividuen des Bestandes sowie auf die absolute und vergleichende Eigenschaftsuntersuchung dieser Klassen, die auf Grund von Qualitäts- und Quantitätsuntersuchungen der vor allem taxatorisch bedeutsamsten biologischen Bestandescharakteristika vorgenommen worden ist.

Dass auch ein so begrenztes Thema in einer einzigen Publikation keine vollständige Behandlung finden konnte, ist klar. Verfasser musste daher seine Untersuchungsaufgabe noch weiterhin einengen. So musste z. B. die Untersuchung der Stammform, ebenso eine genauere Untersuchung der Kronenqualität, ferner die auf Grund von Zuwachsanalysen ausgeführte wichtige Untersuchung über die Wanderungen der Bäume durch die verschiedenen Baumklassen hindurch, d. h. über die »Klassenumtriebe», sowie manche andere Spezialfrage besonderer Behandlung überlassen bleiben. Verf. hofft die Resultate, die er auch über diese Dinge gewonnen hat, später in anderem Zusammenhang näher besprechen zu können.

Die Systeme der Klassifikation der Bäume im Bestand.

Eine konsequent durchgeführte biologische Baumklassifikation ist bekanntlich eine Grundvoraussetzung zielbewusster Durchforstung. Die ausserordentliche Wichtigkeit einer solchen Klassifikation für den Waldbau ist infolgedessen ohne weiteres klar.

Durchforstungen und Baumentwicklungsklassifikation sind jedoch in früheren Zeiten nicht nebeneinander studiert worden. Schon jahrhundertelang hat man die Wälder durchforstet, aber die systematische Baumklassifikation hat bis in ziemlich späte Zeiten keine zielbewusste Beachtung gefunden.

Dies dürfte daher rühren, dass die Ungleichwertigkeit der Baumindividuen eines Bestandes schon an sich so deutlich zutage tritt, dass die von der Durchforstung vorausgesetzte Baumklassifikation auch ohne eigentliche systematische Grundlage vor sich gehen konnte. Dass jedoch andrerseits eine solche zufällige Baumklassifikation, der die Grundlage einer systematischen Bestandesstrukturuntersuchung fehlt, bei weitem keine zweckmässige Pflege und Ausnutzung der Wälder garantieren konnte, ist offenbar.

Zur Einführung in die vorgenommene Untersuchung über die innere Struktur und Entwicklung des Waldbestandes mögen hier die Entstehung und die Wandlungen der Baumklassifikation des Bestandes, ihre verschiedenen Zwecke und diejenigen Gesichtspunkte, die bei ihrer Systematik bisher zur Geltung gekommen sind, in den Hauptzügen erörtert werden. Wegen des erwähnten engen Zusammenhangs zwischen den Durchforstungen und der Baumklassifikation könnte es jedoch

angebracht sein, diese Darstellung mit einigen Bemerkungen über die Geschichte der Durchforstungen einzuleiten.[1]

* * *

Schon für die frühesten Zeiten der erwachenden Waldwirtschaft kann man das Aufkommen einer solchen Anschauungsweise annehmen, wie sie sich in der von Bühler (1922, S. 416) erwähnten Urkunde aus Württemberg von 1210 widerspiegelt, in der

»die Bauern von Oberzell (bei Ravensburg, Württ.), ein altes Recht zum Sammeln des dürren und Hauen des 'unnützen' Holzes zu haben behaupten».

Hier findet man also schon gewissermassen eine Einteilung der Bäume in »unnütze» und, im Gegensatz zu diesen, in »nützliche», wobei unter ersteren vielleicht nur absterbende (bzw. stehend abgestorbene) Baumindividuen verstanden werden.[2]

»Petrus de Crescentiis (1305) lässt da hauen, wo die Bäume 'allzu dicht' stehen. — — Wo schöne, zu Bau- und Werkholz taugliche Stämme von anderen Holzarten oder Dornen unterdrückt sind, müssen letztere ausgerottet werden.» (Vgl. Bühler 1922, S. 416—417.)

In dem Entwurf der zur 3. württembergischen Forstordnung gehörigen Holzordnung mit dem Datum vom 16. Mai 1526 lautet die Anordnung bezüglich des Tannenholzes (vgl. Haug 1894, S. 2; 1896, S. 312):

»Und ob sie (die Thanwäld) zu dick aufgewachsen und entsprungen weren, sollen Unser Vorstmeister im Mayen die überflüssigen Stangen zu leittern und sonst verkaufen und heraushauen lassen, damit werden die wäld liecht und geleuttert und mag das übrig Holtz, so ohnedes erstickt und am wachsen verhindert wärd desto besser bass fürschiessen und aufwachsen.»

Dies dürfte die erste literarisch überlieferte Aufforderung zur Durchforstung sein; von einer eigentlichen Baumklassifikation ist jedoch darin nichts gesagt[3] — ebensowenig in den sonstigen Forstordnungen aus demselben Jahrhundert, die unten erwähnt werden. —

[1] Die Darstellung fusst im wesentlichen auf folgende Werken: v. Baur (1882 a, 1884, 1891 a), v. Fischbach (1882, 1894), Haug (1894, 1896), Laschke (1901, 1902), Schüpfer (1903) und Bühler (1918, 1922).

[2] Mayr erwähnt (1906, S. 76), dass in Japan schon seit über tausend Jahren Waldbau getrieben wird.

[3] Die erste Fassung der hier erwähnten Forstordnung erschien zwischen 1514 und 1519, vermutlich 1515 (v. Fischbach 1882, S. 289, u. 1894, S. 443), ist aber verloren gegangen; ob sie eine Vorschrift über die Durchforstung enthielt, lässt sich also nicht feststellen; v. Fischbach ist jedoch der Meinung, dass es sich so verhalten habe.

Aus Frankreich wird Mitte des 16. Jahrhunderts berichtet, dass TRISTAN, marquis DE ROSTAING, die Vornahme von Durchforstungen veranlasst habe. Aus dem 17. Jahrhundert stammt ein von COLBERT abgefasstes und von LUDWIG XIV. erlassenes Edikt (»Edit portant réglement général pour les eaux et forêts», 1669; vgl. ISAMBERT etc. 1829, S. 219 ff.), das u. a. ganz allgemein die Holzzwischennutzungen verbot. — Eine sachgemässere Behandlung erfuhren die Durchforstungen in Frankreich erst in den Schriften von DUHAMEL DU MONCEAU (1760, 1764) und besonders VARENNE DE FENILLE (1790—1791). Von einer Baumklassifikation dürfte jedoch in ihnen noch nicht eigentlich die Rede gewesen sein.

Indessen hatte man in Deutschland (vgl. BÜHLER 1918, S. 485) schon angefangen, im Zusammenhang mit Durchforstungen Bezeichnungen von Baumentwicklungsphasen zu verwenden, wie z. B. »unterdrückte, absterbende und dürre» Stämme. Diese Bezeichnungen treten in den Forstordnungen verschiedener deutscher Staaten im 16. und 17. Jahrhundert auf. Später begegnet nach LASCHKE (1902, S. 68—69) in Dänemark (1780) die Bezeichnung »herrschende» Stämme und in LAUROP's Werk (1796) »beherrschte» Stämme. Zur gleichen Zeit verwenden die Finnen SJÖSTEDT und HÄLLSTRÖM in ihren unter Anleitung PEHR ADRIAN GADD's abgefassten Dissertationen im Zusammenhang mit der Durchforstungsfrage solche Bezeichnungen wie »mogna, frodväxta, vanlytta, skämda, späda, högstammiga träd» (»reife, üppig gewachsene, verkrüppelte, verdorbene, zarte, hochschaftige Bäume»; SJÖSTEDT 1792, S. 5 ff.), »krokiga, vanväxta, frodvuxna träd» (»krumme, verwachsene, üppig gewachsene Bäume»; HÄLLSTRÖM 1795, S. 2 ff.).

Es gab somit schon Ende des 18. Jahrhunderts eine Reihe diesbezügliche Benennungen. Diese nahmen dann im Laufe der Zeit, wenn auch nur allmählich zu. So gebraucht z. B. der dänische Staatsmann Graf AF REVENTLOW Anfang des 19. Jahrhunderts neben mehreren der obengenannten Ausdrücke »praedominierende» und »eingeklemmte» Stämme (1811—1812; 1879, S. 185 ff.), während der Finne BÖCKER erklärende Ausdrücke verwendet, die teilweise auch auf erbliche Eigenschaften gehen, wie »träd, som uti sitt frö ärft en fastare konstitution och anlag till en högre fullkomlighet — —» (»Bäume, die in ihrem Samen eine festere Konstitution und Anlagen zu einer höheren Vollkommenheit geerbt haben — —»; 1829, S. 116). — Eine eigentliche einheitliche Baumklasseneinteilung gab es aber auch jetzt noch nicht.

Erst als die zahlreichen Auflagen der Standardwerke des Waldbaus von G. L. HARTIG (1791 — —) und v. COTTA (1816 — —) in dieser Beziehung den Boden gründlicher vorbereitet hatten, scheint das Verständ-

nis für die Notwendigkeit einer einheitlichen biologischen Baumklassifikation als wichtiger Grundlage der Durchforstungen unter den Forstleuten erwacht zu sein.

Der erste (vgl. Bühler 1922, S. 427, 443, sowie Schüpfer 1903, S. 30 ff.), der so die Bäume einheitlicher in Entwicklungsklassen einteilte, dürfte v. Cotta's Schüler v. Seebach gewesen sein, als er seine Ansichten über Durchforstungen in Buchenwäldern in dem Cotta-Album, erschienen zu Ehren seines Lehrers an dessen 80. Geburtstag 1844, darlegte. v. Seebach's Einteilung war (vgl. Schüpfer 1903, S. 31 Fussnote):

»1) Dominierende Stämme,
2) beherrschte Stämme,
3) bereits ausgeschiedene, unterständige Stämme, — gemeinhin unterdrückte Stämme genannt.«

In Verfolg der Anregung v. Seebach's führte Burckhardt, der einige Zeit unter v. Seebach Beamter war, die Klassifikation vollständiger durch (nach den Aufzeichnungen seiner Schüler auf der Forstakademie zu Münden 1844—1849; vgl. Barkhausen 1888), so dass sie schon recht erheblichen Anforderungen genügt. Burckhardt stellte 6 Klassen auf, die er zu zwei Hauptfolgen zusammenfasste:

»Stämme	1. Klasse,	vorherrschend	Hauptbestand
»	2. »	mitherrschend	
»	3. »	mässig herrschend	
»	4. »	gering herrschend	
»	5. »	übergipfelt	Nebenbestand.»
»	6. »	unterdrückt	

Die Grundlage von Burckhardt's Klassifikation bildet also sowohl die relative Baumhöhe als die relative Kronenentwicklung.

Auf Burckhardt's Klassifikation folgte bald eine grosse Menge Baumklassifikationen, entweder allgemeine oder für bestimmte Holzarten. Solche waren z. B. die König'sche (1846 (unsicher)), die sog. v. Cotta'sche (1849), die Pressler'sche (1868), das Bayrische System (von Gayer 1870 aufgestellt), sowie das des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten (aus dem Referatentwurf v. Baur's 1873 stammend und 1878 mit einem unwesentlicheren Zusatz erweitert). Kurz referiert waren diese Einteilungen von folgender Art (Pressler's Verfahren wird später beschrieben):

König (vgl. v. Wedekind 1854, S. 453):

»Herrschende Stämme:	vorherrschende, mitherrschende, nachwachsende;

überwachsene { übergipfelte,
Stämme: { unterdrückte.»

v. COTTA (1849, S. 83):

»Herrschende (dominirende, prädominirende) Stämme,
beherrschte, welche von den herrschenden überschirmt werden,
unterdrückte, ohne Längenwuchs, selbst mit abgestorbenen Gipfeln, und
abgestorbene, trockene.»

Das Bayrische System (Anleitung — — 1870, § 5 (S. 259); BÜHLER 1918, S. 486):

»Dominirende Stämme,
beherrschte » ,
übergipfelte » ,
unterdrückte » .»

Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten (Anleitung — — 1873 (S. 251—252)):

»1) Dominirende Stämme, welche mit vollentwickelter Krone den oberen Bestandsschirm bilden;
2) zurückbleibende Stämme, welche an der Bildung des Stammschlusses noch Theil nehmen, deren grösster Kronendurchmesser aber tiefer liegt als der grösste Kronendurchmesser der dominirenden Stämme, die also gleichsam die zweite Etage bilden;
3) unterdrückte (unterständige, übergipfelte) Stämme, deren Spitze ganz unter der Krone der dominirenden Stämme liegt, — auch niedergebogene Stämme gehören hierher;
4) absterbende oder abgestorbene Stämme.»

1884 veröffentlichte KRAFT (S. 22) ein neues Baumklassifizierungsverfahren, das sich eng an BURCKHARDT anschliesst und recht bekannt geworden ist. Er teilte die Bäume in fünf Klassen ein (bei zweien ausserdem Unterabteilungen), die er nach BURCKHARDT zu zwei Hauptfolgen verband, und zwar in folgender Art:

»1. Vorherrschende Stämme mit ausnahmsweise kräftig entwickelten Kronen.
2. Herrschende, in der Regel den Hauptbestand bildende Stämme mit verhältnissmässig gut entwickelten Kronen.
3. Gering mitherrschende Stämme. Kronen zwar noch ziemlich normal geformt und in dieser Beziehung denen der zweiten Stammklasse ähnelnd, aber verhältnissmässig schwach entwickelt und eingeengt, oft mit schon beginnender Degeneration (z. B. mit etwas trockenspitzigen Kronenrändern, bei der Eiche auch oft mit den Anfängen eines knickigen Wuchses der Kronenzweige).

Die 3. Klasse bildet die untere Grenzstufe des herrschenden Bestandes.

4. Beherrschte Stämme. Kronen mehr oder weniger verkümmert, entweder von allen Seiten, oder nur von zwei Seiten zusammengedrückt, oder einseitig (fahnenförmig) entwickelt, bei der Eiche mit sehr knickigem Zweigwuchse.
   a. zwischenständige, im Wesentlichen schirmfreie, meist eingeklemmte Kronen.
   b. theilweise unterständige Kronen. Der obere Theil der Krone frei, der untere Theil überschirmt, oder in Folge von Ueberschirmung abgestorben.
5. Ganz unterständige Stämme.
   a. mit lebensfähigen Kronen (nur bei Schattenholzarten).
   b. mit absterbenden oder abgestorbenen Kronen.»

Kraft bietet weiter eine Reihe Zahlenangaben über die Grundflächenfrequenz der einzelnen Stammklassen, als welche er die oben erwähnten Klassen bezeichnet. Dies ist als ein bemerkenswerter Fortschritt in der Kenntnis der inneren Struktur des Bestandes zu betrachten.

Auf die neue, von Kraft ausgegangene Anregung hin erschienen zahlreiche Klassifikationen. Diese beschritten jedoch nicht alle den von Kraft vorgezeichneten Weg. Die wichtigsten seien hier erwähnt.

v. Salisch (1885, S. 147) teilte die Bäume des Bestandes, für eine Durchforstung hauptsächlich nach ästhetischen Rücksichten, in folgende Klassen ein:

»I. Klasse: Herrschende Stämmchen,
II. » : zurückbleibende » ,
III. » : unterdrückte » .»

Noch 1911 gibt er dieselbe Einteilung (S. 272).

In der Klassifikation der schweizerischen forstlichen Versuchsanstalt von 1888 (vgl. Bühler 1894, S. 8; Flury 1903, S. 4; Engler 1903, S. XVI) werden 5 Baumklassen unterschieden, nämlich:

»1. Klasse: herrschende Stämme,
2. Klasse: mitherrschende Stämme,
3. Klasse: beherrschte Stämme,
4. Klasse: unterdrückte Stämme,
5. Klasse: dürre bezw. absterbende Stämme.»

Was unter jeder von diesen verstanden wird, ist in den genannten Werken näher erwähnt. Besonders Engler erklärt die Klassifizierung genauer.[1]

[1] Engler's Erklärungen zu den Klassen sind folgende:

»I. Klasse: Entschieden herrschende Bäume, in der Höhe hervorragend und mit allseitig gut entwickelter Krone.
II. Klasse: Noch mitherrschende Bäume. Sie sind in der Höhe

Speidel (1889, S. 69) und v. Lorey (1889 b, S. 396) haben wie Burckhardt, König und Kraft im Bestand zwei Hauptfolgen unterschieden. Ihre Klassifikationen sind:

Speidel:

»I. Stämme am Kronendach der stärkeren Hälfte des Bestandes teilnehmend:
1) mit voller Krone (vorherrschende und herrschende Stämme),
2) mit eingezwängter Krone.
II. Stämme am Kronendach der stärkeren Hälfte des Bestandes nicht teilnehmend:
1) Krone ganz oder teilweise frei, aber tief angesetzt,
2) Krone von Nachbarstämmen überwachsen:
a) noch grün,
b) nur teilweise grün oder dürr.«

v. Lorey:

»I. Stämme am oberen Kronenschirm theilnehmend:
1) Krone seitlich nicht beengt, mit annähernd kreisförmigem Querschnitt. Herrschende Stämme.
2) Krone seitlich (einseitig oder mehrseitig) beengt und meist mit von der Kreisform wesentlich abweichendem Querschnitt: eingeklemmte Stämme; Spitze noch in gleicher Höhe mit derjenigen der Stämme ad I, 1.
II. Stämme am oberen Kronenschirm nicht theilnehmend (grösster Kronendurchmesser tiefer liegend als derjenige bei Kl. I);
1) zurückbleibende Stämme: noch schirmfrei, aber mit tiefer liegender Spitze als die Nachbarstämme;
2) unterdrückte Stämme nicht mehr schirmfrei, von Nachbarstämmen übergipfelt; Krone noch grün und thätig;
3) absterbende und abgestorbene Stämme.«

etwas niedriger als die entschieden herrschenden Bäume. Ihre Kronen sind weniger lang und breit entwickelt und weniger gleichmässig ausgebreitet.

III. Klasse: Beherrschte Bäume. Der Gipfel der beherrschten Bäume ist noch frei; dagegen sind sie kürzer als die mitherrschenden Bäume, und der Gipfel befindet sich daher nicht mehr in vollem Lichtgenuss. Ihre Krone ist durch die Kronen der herrschenden und mitherrschenden Bäume eingeengt und deshalb in der Ausbreitung gehemmt und vielfach unregelmässig geformt.

IV. Klasse: Unterdrückte Bäume. Ihr Gipfel ist nicht mehr frei, sondern von einem oder mehreren Ästen der Nachbarbäume überwachsen.

V. Klasse: Absterbende und dürre unterständige Bäume.«

Ebenso verfuhr auch Haug (1894, S. 66), der sich im übrigen auf die Klassifizierung von Kraft stützte. Seine Klassifikation war folgende:

»I. Haupt-Bestand:
Krone und Gipfel von gutem Wuchs;
Klasse 1 vorgewachsene Stämme mit ganz besonders kräftig entwickelter Krone;
Klasse 2 gut entwickelte Stämme mit ganz freier Krone;
Klasse 3 gut entwickelte Stämme mit etwas beengter Krone; bildet den Uebergang zum
II. Nebenbestand:
Krone mehr oder weniger verkümmert, Gipfel im Wachstum zurückbleibend;
Klasse 4 einseitig geklemmte Krone, Gipfel frei;
Klasse 5 mehrseitig geklemmte Krone, Gipfel frei;
Klasse 6 unterdrückte Stämme mit grüner noch lebensfähiger Krone;
Klasse 7 unterdrückte oder niedergebogene Stämme mit abgestorbener oder demnächst absterbender Krone.«

Auf derselben prinzipiellen Grundlage baute auch der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten seine 1902 in Dresden angenommene neue Baumklassifikation (Anleitung — — 1902 (S. 669)) auf, die 1903 in Mariabrunn auch als Baumklassifizierungsverfahren des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten (Sitzungsbericht — — 1903 (S. 438)) gutgeheissen wurde. Auch die forstliche Versuchsanstalt Schwedens billigte sie 1903 (Föreskrifter — — 1903 (S. 16)) als Grundlage für künftige Durchforstungen. Diese Einteilung war in ihrem vollen Umfang folgende:

»I. Herrschende Stämme. Diese umfassen alle Stämme, welche an dem oberen Kronenschirme theilnehmen, und zwar:
1. Stämme mit normaler Kronenentwickelung und guter Stammform.
2. Stämme mit abnormer Kronenentwickelung oder schlechter Stammform.
Hierher gehören:
a) eingeklemmte Stämme (kl),
b) schlechtgeformte Vorwüchse (vo),
c) sonstige Stämme mit fehlerhafter Stammausformung, insbesondere Zwiesel (zw),
d) sogenannte Peitscher (pt) und
e) kranke Stämme aller Art (kr).
II. Beherrschte Stämme. Diese umfassen alle Stämme, welche an dem oberen Kronenschirme nicht theilnehmen.

In diese Gruppe sind zu rechnen:
3. Zurückbleibende, aber noch schirmfreie Stämme.
4. Unterdrückte (unterständige, übergipfelte), aber noch lebensfähige Stämme.

} für Boden- und Bestandspflege in Betracht kommend.

5. Absterbende und abgestorbene Stämme, für Boden- und Bestandspflege nicht mehr in Betracht kommend. Auch niedergebogene Stangen gehören hierher.»

Ein bemerkenswerterer Zusatz zu den Baumklassencharakteristika ist hier die »Stammform».

Diesen Punkt hat jedoch HECK schon früher (1898, S. 35) in eigener Weise entwickelt, indem er »in Ergänzung der Kraft'schen Stammklassen (sowie aller anderen Kronenklassen)» (1904, S. 95) Hilfs- oder Nebenklassen vor allem im Hinblick auf die technische Tauglichkeit des Stammes hinzufügte. Als Bezeichnung für seine Klassen verwandte er »Schaftklassen» (später auch »Schaftformklassen»; 1904, S. 95; etc.). HECK's Klassen waren folgende:

»α Gerader, schöner, langschäftiger Nutzstamm,
β mittelmässiger, kurzschäftiger » ,
γ krumm, rauh, astig,
δ Zwiesel,
ε sehr stark vergabelt (soweit in Klasse I und II: »Protzen»),
ζ Stockausschlag,
η krank.»

Auf einer etwas anderen Grundlage als die oben vorgelegten Klassifikationen beruhen die von PRESSLER (1868), die sog. Dänische (z. B. SCHRØDER 1881; siehe auch z. B. METZGER 1896 a) und die von KLÆR (1911, 1916).

PRESSLER (1868) klassifiziert die Stämme eines Bestandes erst in zwei Hauptfolgen: Hauptbestand (Haubarkeitsvorrat) und Zwischenbestand, wobei der letztgenannte Bestandteil »nicht blos beherrschte sondern mehrfach auch nur erst bedrängte, unter Umständen aber auch selbst herrschende Stämme in sich begreifen kann» (S. 174). Das speziell Neue der PRESSLER'schen Klassifikation[1] tritt jedoch erst in der weiteren Klassifizierung der Stämme des

[1] Vgl. nämlich die gleich unten erwähnten Klassifikationen der Bäume hinsichtlich ihrer Haubarkeit, bei denen schon die in der PRESSLER'schen Klassifikation benutzte Art der Hauptzweiteilung des Bestandes angeführt ist.

Zwischenbestandes hervor, indem er diese nach dem »Nützlichkeits»-Begriff klassifiziert in:

»I. N ü t z l i c h e d. i. durch Mitwirkung zum gedeihlichern Schlusse u. Bodenschutze dem Hauptzuwachse förderliche Stämme;
II. g l e i c h g ü l t i g e d. i. beim Stehenlassen wie Aushauen auf gedachten Zuwachs einflusslose Stämme;
III. s c h ä d l i c h e d. i. durch zu grosse Verdichtung des Bestandes od. sonst dessen Zuwachs dergestalt benachtheiligende Stämme, dass ihr Aushieb das Werthszuwachsprocent des stehengebliebenen oder Hauptbestands zu heben vermöchte.»

In der D ä n i s c h e n Baumklassifikation (Schröder 1881 (1883, S. 111 ff.); Metzger 1896 a, H. IX, S. 86) herrscht tatsächlich ein ganz ähnliches Prinzip wie in der Pressler'schen Klassifikation, nämlich:

»A. Hauptstämme, d. h. solche, die wegen ihrer Geradschäftigkeit und gleichmässigen Bekronung zu begünstigen sind,
B. schädliche Nebenstämme, d. h. solche, die die zu erhaltenden und fortzubildenden Theile der Kronen der Hauptstämme schädigen und deshalb zu entfernen sind,
C. nützliche Nebenstämme, d. h. solche, die die Astreinigung der Hauptstämme bis zu dem beabsichtigten Grade fördern und deshalb unbedingt zu erhalten sind,
D. indifferente Stämme, d. h. diejenigen, welche in dem jedesmaligen Zeitpunkt der Auszeichnung einer Durchforstung noch nicht erkennen lassen, ob und welcher von ihnen in Zukunft der Hauptstamm, welcher der schädliche Nebenstamm sein wird. Sie sind deshalb selbstverständlich mit dem Hiebe vorerst zu verschonen, bis bei einer der nächsten Auszeichnungen darüber unzweifelhaft entschieden werden kann.» [1]

Das Dänische Verfahren hat der Norweger Kiær (1911, S. 33; 1916, S. 11) unter Berücksichtigung norwegischer Verhältnisse (vor allem für verschiedenaltrige Bestände) ausgebaut. Kiær fügt nämlich der Dänischen Klasseneinteilung noch eine fünfte Klasse, die »Z u k u n f t s s t ä m m e», hinzu, und zwar zwischen der zweiten und dritten Klasse der hier erwähnten, von Metzger beschriebenen Dänischen Klassifikation. Ferner betont Kiær, dass ein bestimmter Unterschied zwischen den Stamm- und Baumklassenbenennungen bestehe. Die ersteren gehen

[1] Die hier mitgeteilte Form der Klassifikation ist nach Metzger angeführt. Schröder hat keine eigentliche Klassifikation vorgenommen, sondern nur die Prinzipien der »Dänischen» Klassifikation skizziert.

Barth's Referat über die Dänische Klassifikation (1920, S. 27) enthält ausser den erwähnten Klassen noch die der »n i c h t v e r w e n d u n g s f ä h i g e n» Bäume.

seiner Definition nach auf Durchmesserstufen (1,3 m oberhalb des Bodens), und die letzteren auf biologische Verschiedenheiten zwischen den Individuen. Als dritte Einteilungsgrundlage zieht er die technische Verwendbarkeit der Stämme heran, gibt aber dafür keine besonderen Unterabteilungen zu.

Die Idee der Klassifikationen auf Grund des »Nützlichkeits»-Begriffs schliesst sich in gewisser Weise recht eng an die Klassifikationen an, durch die die Bäume nur danach charakterisiert werden sollen, wann sie haubar sind. Es dürfte daher angebracht sein, auch diese Klassifikationen hier kurz zu erwähnen.

Von der Art ist die gewöhnliche Zweiteilung des Bestandes für die Durchforstung, nämlich die, dass als »Hauptbestand» der Teil des Bestandes bezeichnet wird, der bei der Durchforstung stehen bleibt, während der »Nebenbestand» oder »Zwischenbestand» die Kategorie der zu entfernenden oder entfernten Baumindividuen bezeichnet.

Eine andere Klassifikation wiederum will der Hauptnutzung dienen. Bei dieser Klassifikation wird der Versuch gemacht, schon bei jungem Alter des Bestandes die Baumindividuen zu bestimmen, die nach abgelaufener Umtriebszeit den Bestand bilden werden — dies zu dem Zweck, die Pflege besonders auf diese auserwählten Individuen zu richten. Im Hinblick darauf heisst: der Bestand als Ganzes, die Wachstumszeit hindurch, »Vollbestand», — die Baumgesamtheit, die dem Bestand zur Zeit der Reife entspricht, »Abtriebs-, »Haubarkeits- oder »bleibender Hauptbestand», oder »Abtriebs-, »Haubarkeits-, »Umtriebs-, »Hauptpflege-, »Hauptwahl-, »Abstandsstämme», — sowie entsprechend der Kategorie der während der Wachstumszeit zu entfernenden Stämme, »Füllbestand» (-stämme»). (Z. B. GRABNER 1840, 1866; v. FISCHBACH 1884—1885, 1885, 1888, 1897; THALER 1897, 1902; WEINKAUFF 1909, 1913; PUSTER 1917; und schon früh in Dänemark (vgl. z. B. METZGER 1899). Vgl. desgleichen hinsichtlich »Auswahl- bzw. »Lichtstandspflanzung» MAYR 1909, S. 426—427, und SCHÜLLERMANN 1913.)

Die forstliche Versuchsanstalt Schwedens, die 1903 (Föreskrifter — — 1903) das Baumklassifizierungssystem des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten von 1902 angenommen hatte, hat später für die Durchforstungstätigkeit ein neues Verfahren entwickelt. Dies wurde von dem jüngst verstorbenen Leiter der genannten Versuchsanstalt, Professor GUNNAR SCHOTTE (1912, S. 253 ff.; sowie z. B. 1916—1917, S. 609; 1923 a, S. 6—7; 1923 b, S. 53

—55) geschaffen.[1] — Da das Klassifizierungsverfahren des Verfassers hauptsächlich gerade auf dem SCHOTTE's fusst, soll das letztere hier mit SCHOTTE's eigenen Worten referiert werden.

(1912.) »För att göra klassindelningen mera åskådlig, har jag tänkt mig en uppdelning dels efter trädens plats eller höjd i beståndet, dels efter kronornas och i mindre månstammarnas beskaffenhet.»

»Det är emellertid ganska lätt att i bestånden urskilja vissa skikt, till hvilka kronornas höjd nå, och kallar jag dem kronskikt. — Underbeståndets skikt har jag i allmänhet funnit nå till ungefär halfva höjden af de härskande trädens höjd, hos tallen dock ofta upp till 60 % af sistnämnda höjd. Den öfre halfvan (eller eventuellt den öfre $^2/_5$-delen) af den högsta beståndshöjden tänker jag mig uppdelad i 3:ne ungefär lika höjdskikt, de härskande, de medhärskande och de behärskade trädens kronskikt.»[2]

1923 (b, S. 54) lautet die entsprechende Definition folgendermassen: »Avståndet mellan 1:a och 4:e skikten uppdelas jämnt på 2:a och 3:e skikten.»[3] Das Bezeichnungsschema, das dieser Definition beigefügt ist, zeigt, dass die Höhenintervalle der drei oberen Schichten genau gleichgross sind, indem sie zusammen die Hälfte von der Maximalhöhe des Bestandes umfassen (abgesehen von den extremen Fällen 1 + (vgl. die Fortsetzung der Darlegung)). Dass der Unterschied zwischen der alten

[1] Die erste schwedische Baumklassifikation dürfte die von BJÖRKMAN in seinem Handbuch des Waldbaus 1877 erwähnte sein (S. 260). Sie stimmt fast genau mit der v. SEEBACH's überein, (gekürzt):

»Herskande eller dominerande träd (»Herrschende oder dominierende Bäume), beherskade eller dominerade träd (beherrschte oder dominierte Bäume), undertryckta träd» (unterdrückte Bäume»).

[2] (1912.) »Um die Klasseneinteilung anschaulicher zu machen, habe ich mir eine Zerlegung teils nach dem Platz oder der Höhe der Bäume im Bestand, teils nach der Beschaffenheit der Kronen und in geringerem Masse der Stämme gedacht.»

»Es ist indessen ziemlich leicht, in den Beständen gewisse Schichten zu unterscheiden, bis zu denen die Höhe der Kronen reicht, und diese nenne ich Kronenschichten. — Die Schicht des Unterbestandes reicht, wie ich gefunden habe, im allgemeinen bis ungefähr in halbe Höhe von der Höhe der herrschenden Bäume, bei der Kiefer jedoch oft bis in 60 % der letzteren Höhe. Die obere Hälfte (oder eventuell die oberen $^2/_5$) der höchsten Bestandeshöhe (Sperrung vom Verf.) denke ich mir in 3 ungefähr gleiche Höhenschichten geteilt, in die Kronenschichten der herrschenden, der mitherrschenden und der beherrschten Bäume.»

[3] »Der Abstand zwischen der 1. und 4. Schicht wird gleichmässig in die 2. und 3. Schicht zerlegt.» (Sperrung vom Verf.)

und neuen Definition wesentlich ist, zeigen die graphischen Schemata 1912, S. 254 und 1923 b, S. 55.

(1912.) »Hos ljusbehöfvande trädslag närma sig dock de olika skikten hvarandra, så att de olika afstånden till högsta skiktet blir mindre.»

»Den vågformiga kontur, som beståndstaket visar i ett regelbundet bestånd, beror hufvudsakligen på växlingen mellan I och II skiktens träd, hvilka förekomma i gruppvis eller oftast stamvis blandning. — — I så fall blir det ej den högsta höjden i hela beståndet, utan den relativa höjden mellan träden inom hvarje större grupp i beståndet, som fäller utslaget vid trädindividens inklassificering i olika skikt.»

»Under vissa förhållanden gå III och IV kronskikten mycket öfver i hvarandra och tveksamhet kan, särskildt beträffande sådana ljusbehöfvande trädslag som tallen, råda till hvilket af dessa skikt ett visst träd bör räknas. I så fall är ju dock den angifna höjden för skiktet afgörande.» —

»I stort sedt kan man säga att kronornas undre gräns i de tre öfre kronskikten ligger ungefär i samma plan och öfver underbeståndets toppar. En annan definition på underbeståndet blir då, att dess toppar ej få nå upp i de friska grenarna af de tre öfriga skikten.»

(1923 a; gekürzt.) »Kronskikten definieras i huvudsaklig överensstämmelse med 1912 års beteckningsschema på följande sätt:

1. Första kronskiktet (de härskande trädens kronskikt) bildas av de härskande träden, d. v. s. av de högre träden i beståndet. Det fåtal träd, som särskilt i de norrländska tallskogarna med någon meter skjuter över den härskande trädklassen, d. v. s. de förhärskande träden, betecknas med 1 +.
2. Andra kronskiktet (de medhärskande trädens kronskikt) bildas av träd, som ha något lägre höjd och svagare utbildad krona samt vanligen också klenare stam än träden i de härskande trädens kronskikt. Trädens toppar nå till omkring $^5/_6$ av första skiktets höjd.
3. Tredje kronskiktet (de behärskade trädens kronskikt) bildas av träd, som nå till omkring $^2/_3$ av första skiktets höjd. Trädens toppskott äro vanligen korta, och skiktet omfattar bl. a. s. k. senvuxna träd.
4. Fjärde kronskiktet (underbeståndet) når till ungefär halva längden (för tallen ända upp till 60 %) av första skiktets höjd.»

(1912.) »I viss analogi med HECK (1904) uppdelar jag sedan hvarje kronskikt i klasser allt efter kronornas och stammarnas utveckling. Dessa klasser kallar jag trädklasser, medan däremot ordet stamklasser, liksom hittills användes, för att beteckna dimensionen.»

(1923 a.) »Trädklasserna. Äro kronorna och stammarna hos träden välformade, så tillägges ingen ytterligare beteckning till den siffra, som anger kronskiktet (träden äro »rena»), men finnes ett eller annat att anmärka på kronans eller stammens form, så angives detta genom särskild bokstavsbeteckning på följande sätt:

a. Sidotryckta träd, d. v. s. med kronorna tryckta från en sida och således endast utbildade åt ena hälften av omkretsen.

(a) Svagt sidotryckta träd, där kronan är svagare utbildad åt e t t håll på grund av närheten till annat träd.
b. Frodvuxna träd med större grenar (träd av bättre »vargtyp»).
(b) Kraftigt växande träd med ganska god stamform, men som dock i vissa fall kunna utveckla sig för starkt på grannarnas bekostnad.
c. Särskilt krokiga och kvistiga eller med andra växtfel behäftade träd (träd av sämre »vargtyp» samt s. k. »vedskog»). Sådana »klykträd», som hava klykan så belägen, att det inverkar menligt på gagnvirkesutbytet, föras till denna grupp.
(c) Mindre krokiga träd, där kröken ej har något större inflytande på gagnvirkesuttaget.
d. Träd med kronor eller toppar deformerade genom att träden äro inklämda eller undertryckta av närstående individ. Från mer än ett håll sidotryckta träd föras hit.
(d) Träd svagt sidotryckta från mer än ett håll. I tredje och fjärde kronskiktet föras även träd med svag eller omärklig höjdtillväxt hit.
e. Träd, sjuka på grund av angrepp av svamp eller insekter. Sjukdomen skall hava karaktär att utbreda sig eller vara av väsentlig betydelse för trädets tillväxt och framtida värde för att beteckningen e får användas. Svampens eller insektens art antecknas om möjligt alltid.
(e) Träd som misstänkas vara sjuka eller äro angripna av mindre farliga sjukdomar såsom t. ex. topptorkan hos granen, mindre kräftsår etc. (Gekürzt.)
f. Torra träd.
(f) Döende eller torkande träd.»

»Vid trädens beteckning kan givetvis användas en eller flera av ovan nämnda bokstäver för dess fullständiga karaktärisering, t. ex. 1 ab, ett sidotryckt »vargträd» etc.»

»Därest ett träd skadats genom yttre åverkan göres anteckning härom i den särskilda anteckningskolumnen (bläckad, påfälld, snöböjd, snötryckt, snöbrott . . .). Härvid användes förkortningar.» (Gekürzt.)

(1912.) »Den föreslagna skiktindelningen har således sitt hufvudändamål i att särskilja olika gallringssystem, medan indelningen i trädklasser mera syftar till att klargöra gallringsstyrkan. — — En uppklafningslista från en skog ej blott i dimensioner utan äfven i dessa trädklasser borde sålunda gifva en fullständig bild af skogen och dess beståndsvård.»[1]

[1] (1912.) »Bei den lichtbedürftigen Hölzern nähern sich die verschiedenen Schichten jedoch einander, so dass die verschiedenen Abstände bis zu der höchsten Schicht kleiner werden.»

»Die wellenförmige Kontur, die das Bestandesdach in einem regelmässigen Bestand zeigt, beruht hauptsächlich auf den Variationen zwischen den Bäumen der I und II Schicht, welche in gruppenweiser oder meistens stammweiser Mischung vorkommen. — — So gibt nicht die höchste Höhe in dem ganzen Bestand, sondern die relative Höhe zwischen den Bäumen innerhalb jeder grösseren Gruppe des Bestandes bei der Klassifikation der Baumindividuen in verschiedene Schichten den Ausschlag.»

»Unter gewissen Umständen gehen die III und IV Kronenschicht sehr ineinander

Von den erwähnten Baumklassen stammen: »die reinen», a, b, c, d, e und f aus SCHOTTE's erstem Vorschlag von 1912. Die Klassen (a), (b), (c), (d), (e), (f) sowie die Kombination der Klassen (z. B. 1 ab) hat SCHOTTE später angegeben.

über, und da kann man, namentlich gegenüber solchen lichtbedürftigen Hölzern wie der Kiefer, im Zweifel sein, zu welcher dieser Schichten ein bestimmter Baum zu rechnen ist. Diesfalls ist ja aber die angegebene Höhe für die Schicht massgebend.»

»Im grossen ganzen kann man sagen, dass die untere Grenze der Kronen in den drei oberen Kronenschichten ungefähr in derselben Ebene und zwar über den Wipfeln des Unterbestandes liegt. Als eine andere Definition des Unterbestandes ergibt sich dann, dass die Wipfel desselben nicht bis in die lebenden Äste der drei übrigen Schichten hinaufreichen dürfen.»

(1923 a; gekürzt.) »Die Kronenschichten werden in hauptsächlicher Übereinstimmung mit dem Bezeichnungsschema vom Jahre 1912 definiert, und zwar folgendermassen:

1. Die erste Kronenschicht (die Kronenschicht der herrschenden Bäume) wird von den herrschenden Bäumen, d. h. von den höheren Bäumen des Bestandes gebildet. Die wenigen Bäume, die besonders in den norrländischen Kiefernwäldern ein paar Meter über die herrschende Baumklasse hinausragen, d. h. die vorherrschenden Bäume, werden mit 1+ bezeichnet.
2. Die zweite Kronenschicht (die Kronenschicht der mitherrschenden Bäume) wird von Bäumen gebildet, die etwas geringere Höhe und schwächer ausgebildete Krone sowie gewöhnlich auch einen schwächeren Stamm als die Bäume in der Kronenschicht der herrschenden Bäume besitzen. Die Wipfel der Bäume reichen bis in etwa $^5/_6$ von der Höhe der ersten Schicht.
3. Die dritte Kronenschicht (die Kronenschicht der beherrschten Bäume) wird von Bäumen gebildet, die bis in etwa $^2/_3$ von der Höhe der ersten Schicht reichen. Die Wipfeltriebe der Bäume sind gewöhnlich kurz, und die Schicht umfasst u. a. sog. spätwüchsige Bäume.
4. Die vierte Kronenschicht (der Unterbestand) reicht bis ungefähr in halbe Länge (für die Kiefer bis in 60 %) von der Höhe der ersten Schicht.»

(1912.) »In einer gewissen Analogie mit HECK (1904) teile ich dann jede Kronenschicht in Klassen je nach der Entwicklung der Kronen und Stämme. Diese Klassen nenne ich Baumklassen, während das Wort Stammklassen, wie bisher, zur Bezeichnung der Dimension gebraucht wird.»

(1923 a.) »Die Baumklassen. Sind die Kronen und Stämme der Bäume wohlgeformt, so wird zu der Ziffer, welche die Kronenschicht angibt, keine weitere Bezeichnung hinzugefügt (die Bäume sind »rein»), ist aber dies oder jenes gegen die Form der Krone oder des Stammes einzuwenden, so wird dies durch eine besondere Buchstabenbezeichnung in folgender Weise angegeben:

a. Seitlich gedrückte Bäume, d. h. mit Kronen, die von einer Seite gedrückt und daher nur nach der einen Hälfte des Umkreises ausgebildet sind.
(a) Schwach seitlich gedrückte Bäume, bei denen die Krone infolge der Nähe eines anderen Baumes nach einer Seite schwächer ausgebildet ist.

In seiner Publikation von 1912 sagt Schotte S. 257:

»Möjligen skall någon finna detta beteckningssystem innehålla alldeles för många stamklasser, då man i värsta fall kan komma upp i 30 kombinationer. Flera stycken, såsom 1 d, 3 b, 3 c och 4 b, äro dock mycket sällsynta.»[1]

b. Üppig gewachsene Bäume mit grösseren Ästen (Bäume von besserem »Wolfstyp»).

(b) Kräftig wachsende Bäume mit recht guter Stammform, die aber doch in gewissen Fällen sich auf Kosten der Nachbarn zu stark entwickeln können.

c. Besonders krumme und ästige oder mit anderen Wachstumsfehlern behaftete Bäume (Bäume von schlechterem »Wolfstyp» und sog. »Brennholzwald»). »Zwiesel», deren Gabel so gelegen ist, dass sie die Nutzholzausbeute nachteilig beeinflusst, werden zu dieser Gruppe gezählt.

(c) Weniger krumme Bäume, bei denen die Krümmung keinen grösseren Einfluss auf den Nutzholzertrag hat.

d. Bäume, deren Kronen oder Wipfel dadurch deformiert sind, dass sie von nahestehenden Individuen eingeklemmt oder unterdrückt sind. Hierher werden Bäume mit Seitendruck von mehr als einer Seite gezählt.

(d) Bäume mit schwachem Seitendruck von mehr als einer Seite. In der dritten und vierten Kronenschicht werden auch Bäume mit schwachem oder unmerklichem Höhenzuwachs hierher gezählt.

e. Bäume, die infolge von Angriffen von Pilzen und Insekten krank sind. Die Krankheit muss den Charakter einer sich ausbreitenden Krankheit haben oder von wesentlicher Bedeutung für den Zuwachs und den künftigen Wert des Baumes sein, damit die Bezeichnung e angewendet werden kann. Die Art des Pilzes oder Insektes ist womöglich immer anzugeben.

(e) Bäume, die einer Krankheit verdächtig oder von weniger gefährlichen Krankheiten angegriffen sind, wie z. B. Wipfeldürre bei der Fichte, kleinere Krebswunden etc. (Gekürzt.)

f. Verdorrte Bäume.

(f) Absterbende oder verdorrende Bäume.»

»Bei der Bezeichnung der Bäume können selbstverständlich einer oder mehrere der obenerwähnten Buchstaben zu deren vollständiger Charakterisierung angewandt werden, z. B. 1 ab, ein seitlich gedrückter »Wolf» etc.»

»Wenn ein Baum durch äussere Gewalt beschädigt worden ist, wird dies in der besonderen Anmerkungsspalte (angelascht, angehauen, schneegebeugt, schneegedrückt, Schneebruch . . .) vermerkt. Hierbei werden Abkürzungen benutzt.» (Gekürzt).

(1912.) »Die vorgeschlagene Schichteneinteilung hat also den Hauptzweck, verschiedene Durchforstungssysteme zu unterscheiden, während die Einteilung in Baumklassen mehr darauf ausgeht, die Durchforstungsstärke zu beleuchten. — — Ein Aufnahmeregister aus einem Wald nicht nur in Dimensionen, sondern auch in dessen Baumklassen dürfte somit ein vollständiges Bild von dem Wald und seiner Bestandespflege geben.»

[1] »Vielleicht wird man finden, dass dieses Bezeichnungssystem viel zu viel Stammklassen enthalte, da man im schlimmsten Fall bis zu 30 Kombinationen hinaufkommen kann. Mehrere Klassen, wie 1 d, 3 b, 3 c und 4 b, sind jedoch sehr selten.»

Dieser Satz bezog sich auf das System von 1912, in dem die Zahl der Unterklassen sieben betrug. Da die Zahl der Baumklassen in der zweiten Klassifikation beinahe auf das Doppelte (13 Klassen) gewachsen ist, wozu infolge der Kombination dieser Grundklassen noch die Hilfsklassen treten, so muss man wirklich zugeben, dass SCHOTTE's Klassifikation nunmehr ausserordentlich reichhaltig ist.

In Finnland hat sich die Baumklassifikation hauptsächlich auf Basis der obigen ausländischen Einteilungen entwickelt.

So gibt z. B. BLOMQVIST (1897, S. II) folgende Klassifikation (gekürzt):

»Herskande eller dominerande träd (»Herrschende oder dominierende Bäume),
'medherskande' träd ('mitherrschende' Bäume),
överskärmade träd (überschirmte Bäume),
undertryckta träd (unterdrückte Bäume),
döda träd» (abgestorbene Bäume»).

Ebenso HEIKINHEIMO (1907 (1906), S. 11 ff.; 1910, S. 665 ff.) (gekürzt):

»I. Valtapuut (»Herrschende Bäume):
1. Varsinaiset vallitsevat puut (eigentliche herrschende Bäume).
2. N. k. sudet (sog. Wölfe).
3. Toveripuut (mitherrschende Bäume).
II. Syrjäytetyt puut (verdrängte Bäume):
4. Ahdistetut puut (eingeengte Bäume).
5. Varjoon jääneet puut (beschattete Bäume).
6. Kuihtuvaiset ja kuivat puut» (dorrende und verdorrte Bäume»).

Als biologische Grundlage der Entwicklungsklasseneinteilung hat HEIKINHEIMO gemäss seinen Worten »— in der Hauptsache den Kronenstandraum und die künftige Zuwachsmöglichkeit der Bäume auf Grund desselben»[1] verwendet. Neben dieser eigentlichen Klassifikation empfiehlt er auch Berücksichtigung der Stammform der Bäume zwecks Bildung besonderer sog. »Stammklassen». Für diese Zusatzklassen führt er jedoch kein besonderes Schema vor. — Nachher hat HEIKINHEIMO (1915, S. 203) seine Klassifikation in der Weise verändert, dass die »Wölfe» als erste Unterklasse und die eigentlichen herrschenden Bäume als zweite genannt werden (vgl. auch 1906).

Später hat sich HEIKINHEIMO auf die Grundlage der SCHOTTE'schen Klassifikation gestellt und hat sie entweder unverändert (1915, S. 203 ff.)

[1] »— pääasiassa latvuston tilaa ja puiden vastaista kasvumahdollisuutta tämän perusteella».

oder für besondere Verhältnisse modifiziert angewandt. So hat er für verschiedenaltrige Fichtenbestände in Schneeschadengebieten folgende Klassifikation benutzt (1920 b, S. 1—2):

»1) Längenklassen-Einteilung: Die Höhenklassen unterscheiden sich voneinander etwa nach $^1/_4$ der Höhe der vorherrschenden [1] Bäume des Bestandes. Die mittleren Längen der Klassen sind demnach die folgenden:

Klasse I, Länge $^1/_1$ von der Höhe der vorherrschenden Bäume
» II, » $^3/_4$ » » » » » »
» III, » $^2/_4$ » » » » » »
» IV, » $^1/_4$ » » » » » »

2) Stamm- und Entwicklungsklasseneinteilung: In jeder Längenklasse werden 18 Stamm- und Entwicklungsklassen unterschieden:

a = Baum ausserordentlich breitästig: »Wolf»;
b = Krone nach allen Seiten regelmässig entwikkelt, lebensfähig;
c = ebenso, ziemlich lebensfähig;
d = ebenso, ziemlich verkümmert;
e = ebenso, verkümmert;
f = ebenso, abgestorben;
g = Krone unregelmässig entwickelt (einseitig oder auf mehreren Seiten astfrei oder schwachästig), ziemlich lebensfähig;
h = ebenso, ziemlich verkümmert;
i = ebenso, verkümmert;
j = ebenso, abgestorben;
k = Stamm des Baumes durch den Schnee abgebrochen, neuer Wipfel gebildet, Baum lebend;
l = ebenso, Baum abgestorben;
m = Stamm des Baumes durch den Schnee abgebrochen, aber kein Wipfel gebildet, Baum lebend;
n = ebenso, Baum abgestorben;
o = Stamm des Baumes geneigt, Baum lebend;
p = ebenso, Baum abgestorben;
q = Baum umgefallen oder am Basalteil abgebrochen, lebend;
r = ebenso, abgestorben.«

Gleichzeitig mit der Aufstellung obiger Klassifikation für die Fichtenbestände in Schneeschadengebieten durch Heikinheimo veröffentlichte

[1] Der Terminus »vorherrschend« erscheint in der Literatur als Synonym sowohl für den Begriff »Vorwuchs« (Baum, der länger ist als der eigentliche Bestand, gewöhnl. »Wolf») als auch für »herrschend». Hier dürfte der letztere Begriff gemeint sein. — Siehe hierüber z. B. S. 48 ff.

LAKARI (1920 b, S. 13) eine neue Klassifikation für Kiefernbestände, wobei er seine Untersuchung wie HEIKINHEIMO vor allem auf die Waldverhältnisse in Nordfinnland gründete. LAKARI's Klassifikation ist folgende:

»I. Ästige, krummstämmige sperrwüchsige Kiefer, schlechtgeformte Wölfe (räkämänty).
II. Bäume von besserem Vorwuchs, besser geformte Wölfe (hyötömänty).
III. Schlanke Kiefer, deren Kronenlänge u. -breite regelmässig sind (jouhimänty).
IV. Peitscher, Krone kurz (tupsulatvainen mänty).
V. Langwipfelige Kiefer, Krone zylindrisch, lang (pitkälatvainen mänty).

Je nach der Lage des Baumes im Bestand kann jede dieser Hauptklassen gruppiert werden, wie es SCHOTTE getan hat, in:

1. herrschende Bäume,
2. mitherrschende Bäume,
3. beherrschte Bäume und
4. Bäume des Unterbestands.

Berücksichtigt man noch die Abrundung der Baumkrone bei hohem Alter, die Art der seitlichen Beschattung der Krone, die Schadhaftigkeit des Baumes oder die Art seiner Schädigungen, so kann man die verschiedenen Kronentypen folgendermassen klassifizieren:

a) mit kalottenförmiger Krone (lakkapää),
b) von einer Seite gedrückte [1] Bäume, wobei die Krone einseitig ist,
c) Bäume mit eingeklemmten [1] Kronen,
d) Krone gegabelt, Zwiesel (haaralatva),
e) Krone beschädigt,
f) dürrwipfelig,
g) durch Schneedruck umgebogen und
h) trocken.

Sollte eventuell grössere Genauigkeit erwünscht sein, so könnte die Differenzierung der Unterklassen erweitert werden.«

* * *

Ausser den referierten sog. Allgemeinklassifikationen, worunter Klassifikationen verstanden werden, die im grossen ganzen auf verschiedene Holzarten, Waldstandortsbonitäten, Altersstufen usw. passen, werden auch Spezialklassifikationen für besondere Zwecke und Verhältnisse verwendet.

[1] Im finnischen Haupttexte ist anstelle dieser Attribute das Wort »seitenbeschattet» verwendet: b) von einer Seite seitenbeschattet, wobei die Krone einseitig ist, c) von zwei Seiten seitenbeschattet, wobei die Krone abgeflacht ist.

Von der Art ist die schon erwähnte Fichtenklassifikation Heikinheimo's für Schneeschadengebiete. Andere sind die Spezialklassifikationen für Pflanzenbestände (als Beispiel sei genannt Aaltonen 1919, S. 113—114), Spezialdifferenzierungen infolge dauernder starker Winde gleicher Richtung (z. B. Helms 1902, S. 260 ff.; 1917) und entsprechende Klassifikationen, u. a. Ein näheres Eingehen auf diese Klassifikationen dürfte hier nicht erforderlich sein.

Ohne die Bäume näher in biologische, morphologische od. dgl. Klassen einzuteilen, haben einige Forscher die Intensität der Differenzierung der Bäume oder der Stammzahlenverminderung der Bestände, bzw. deren Verschiedenheit bei verschiedenen Holzarten, an verschiedenen Standorten, in verschiedenen Altersstufen usw., — deren Wirkung auf die Dichte der Kulturen, auf die Vornahme von Durchforstungen usw. untersucht. Auch sind für die Differenzierungs- bzw. Ausscheidungserscheinung mancherlei Benennungen verwendet worden, ebenso wie der Begriff bald weiter, bald enger gefasst ist, indem er sich auf ein besonderes Wachstumscharakteristikum wie die Stammzahl (Auslichtung), Stammhöhe, Krone, Stammdurchmesser, Stammform und -güte usw. bezieht.

Von Forschern, die die Sache von diesem Standpunkt aus behandelt haben, seien z. B. Hauch und A. Oppermann genannt, welche die Benennung »Spredningsevne» (»Ausbreitungs-, »Verbreitungsvermögen» od. -fähigkeit») verwandten (1898—1902, S. 101; Hauch noch z. B. 1904, 1905, 1910, 1912, 1916—1917, 1918), — Augst (1905) »Ausladungsvermögen», — Petračić (1908) und Mayr (1909, S. 239) »Ausscheidung», »Ausformung», »Ausformungsvermögen», — Johannsen (1909, S. 195) »Etagenbildung» (Højdegrupper), — Hesselman (1914) »Schichtungsvermögen», usw., — sogar nur statistisch Variabilität, Variation ... (z. B. Kølpin-Ravn (siehe Hauch 1912, S. 15*)).

Die natürliche Auslichtung des Bestandes und deren Bedeutung für den Waldbau ist natürlich schon früh in der Literatur behandelt worden. Ebenso hat man auch die meisten anderen, den obigen Benennungen entsprechenden Begriffe schon in den angeführten älteren Baumklassifikationen beachtet, so dass diese Benennungen tatsächlich nur Varianten einer Terminologie sind, die also schon früher vorgetragen worden ist.

* * *

Es wäre ferner noch angebracht, eine Klassifizierungsart zu behandeln, bei der teilweise für die biologische Klassifikation charakteristische Zwecke verfolgt und Klassennamen angewandt sind, obwohl die Klassifikation an sich keine eigentlichen biologischen Klassifizierungsprinzipien durchführt. Es sind die sog. mechanischen Klassifizierungsmethoden gemeint.

Die mechanische Klassifikation ist ihrem Charakter nach künstlich, und sie kann unter diesen Umständen keine z. B. biologisch bedeutungsvollen Variantengruppen bilden.

Zu was für bedenklichen Ergebnissen und fehlerhaften Schlüssen die Verwendung der mechanischen Klassifikation als primärer Einteilungsgrund auf dem Gebiete der biologischen Entwicklungsforschung führen kann, wird unten näher gezeigt werden. Hier seien nur die allgemeinen Formen dieses Verfahrens kurz dargelegt.

Bekanntlich verfährt man hier auf verschiedene Weise. Auf dem Variationsgebiet des fraglichen Charakteristikums werden die Stämme entweder in beliebige, äquidistante, gleichgrosse oder bestimmte multiple Betragsklassen (Stammzahlen-: URICH 1860 etc.; — Grundflächen-: R. HARTIG 1868, S. 16; — Volum-: E. LÖNNROTH 1919, S. 267—269; NEUBAUER 1924—1925; -betragsklassen)[1], oder in Betragsklassen von bestimmter Grösse (Stammzahlen-: z. B. BLOCK 1889, S. 233; SCHWAPPACH 1891, S. 526 — das sog. Preussische Verfahren[2]; — usw. -betragsklassen) klassifiziert.

Auch die primäre Messung der Varianten einer Population mit bestimmter Genauigkeit setzt eine äquidistante mechanische Klassifizierung des Materials voraus. Diese Klassifikation bildet also den Grund, worauf die hier oben genannten mechanischen Klassifikationen »höherer Ordnung» ruhen. Ebenso kommt diese Grundklassifikation in Betracht bei der näheren statistischen (bzw. technischen) Charakterisierung der biologischen, morphologischen od. dgl. Individuengruppen, d. h. bei der rechnerischen Bestimmung der einzelnen Mittelwerte, Dispersionen, Verteilungsformen usw. dieser Gruppen auf den Variationsgebieten der jeweils zu untersuchenden Charakteristika.

* * *

[1] Vgl. das v. LÖWIS (1814, S. 201 ff.)-DRAUDT'sche (1857 etc.) Prinzip in betreff der proportionalen Verteilung der Probestämme. —

Einige von den zu dem folgenden Moment primär gehörigen Verfahren können mit gewissen Voraussetzungen auch unter diesem Punkt genannt werden.

[2] Vgl. auch weiter unten z. B. S. 67 ff.

Es hat also zahlreiche Verfahren der Baumklassifizierung gegeben, und die Grundlagen, auf denen sie jeweils fusste, haben eine verschiedenartige Deutung erfahren.

Die Vielfältigkeit der Klassifikationen hat offenbar ihren Grund darin, dass sich am Baume und im Bestand recht viele derartige absolute und relative Charakteristika beobachten lassen, die vom Standpunkt der praktischen Bestandespflege aus einer bedeutungsvollen Variation unterliegen.

Untersucht man näher, welches die Charakteristika sind, die in den bisherigen Klassifikationen Platz gefunden haben, so erhält man folgende Liste, die sich aus den verschiedenartigsten und bei verschiedenen Autoren oft in verschiedener Weise definierten Momenten zusammensetzt: [1]

1) Mass der Beherrschung. Bezeichnungen wie: Haupt-, Haubarkeits-, Abtriebs-, bleibender Haupt-, Hauptpflege-, Hauptwahl-, Abstands-, Füll-, Zwischen-, Neben-, Unter-, - -bestand bzw. - -stämme; vorherrschende, prädominierende, dominierende, herrschende, mitherrschende, mässig—gering herrschende, schirmfreie, eingeklemmte, zwischenständige, beherrschte, zurückbleibende, überschirmte, -wipfelte, -gipfelte, abständige, unterständige, -drückte (bisweilen mit der Einschränkung Gipfel frei) — — Bäume (Stämme, Kronen); Vorwüchse, — —.

2) Relative Stammhöhe und -höhenwachstum. Bezeichnungen wie: Ober-, Mittel-, Unterhöhe, sowie ausserdem einige von den im vorigen Punkt erwähnten Benennungen; gutes, geschwächtes, erloschenes — — Höhenwachstum.

3) Relative Grösse oder relatives Entwicklungsvermögen, Form, allgemeine Beschaffenheit der Krone. Bezeichnungen wie: kräftige, gute, normale, regelmässige, schwache, schlechte, abnorme, unregelmässige, einseitig entwickelte (geformte), lang-, kurz-, breitwüchsige, breitästige, ästige, schwachästige, langgestreckte, langwipfelige, walzen- (zylinder-), spulen-, kugel-, kalotten-, paraboloiden-, kegel-, fahnenförmige, spitzige, abgerundete, zwei-, vielseitig zusammengepresste, gedrückte, eingeklemmte, eingeengte, beengte, deformierte, degenerierte, verkümmerte, von oben gepresste, gedrückte — — Krone; Wolf, Protze, Sperrwuchs, Peitscher, Krüppel, — —; auch gewisse unter Punkt 1) genannte Bezeichnungen.

[1] Gewisse Ausdrücke der Liste können bei gewissen Bedeutungen synonym sein — oder sie können auch unter bestimmten Voraussetzungen teilweise oder völlig in andern Punkten enthalten sein. Ebenso sind in diesem Verzeichnis — vor allem um die Wiederholung ähnlicher Bezeichnungen zu vermeiden — nahestehende Charakteristika unter ein und demselben Punkt zusammengebracht. Charakteristika, die sich besonders aus dem Vorhandensein von Überhältern und Unterbestand ergeben, sind in dem Verzeichnis nicht berücksichtigt, ebensowenig die üblichen technischen Sortimentsbezeichnungen.

4) Beschaffenheit und Wuchs der Zweige. Bezeichnungen wie: gutgestreckte, kräftige, trockenspitzige — — Zweige; guter, schwacher, knickiger — — Zweigwuchs.

5) Kronenbeschädigung. Bezeichnungen wie: Zwei-, Mehrgabelkrone, beschädigte Krone, trockner, defekter Wipfel, — —.

6) Relative Stammstärke und -stärkenwachstum. Bezeichnungen wie: übernormale, grosse — — Stammstärke; üppig-, gut-, schlechtwüchsiger — — Baum (Stamm).

7) Stammform, Stammausformung, Schaftformqualität; Nutzholztüchtigkeit, -tauglichkeit. Bezeichnungen wie: schöner, guter, mittelmässiger, schlechter, gut-, schlechtgeformter, walzen-, paraboloiden-, kegel-, neiloidenförmiger, lang-, kurzschäftiger, schlanker, gerader, krummer, rauher, ästiger, sperrwüchsiger, gegabelter, vergabelter — — Stamm; Zwiesel, Protze, Sperrwuchs, Krüppel, — —.

8) Äussere Stammbeschädigung, abnorme Stammstellung, Stamm gebrochen. Bezeichnungen wie: Stamm gelascht, angestochen, angehauen, geneigt, umgebogen, umgefallen, abgebrochen, gestürzt — —; Windbruch, Schneebruch, — —.

9) »Ausdauer« oder relative Lebenskraft des Baumes. Bezeichnungen wie: dauerhafter, nicht dauerhafter, lebensfähiger, kümmerlicher, absterbender, trocknender, verdorrender — — Baum.

10) Gesunder bzw. kranker (Krankheitsursache), lebender bzw. abgestorbener (abgestorben, trocken, vertrocknet, dürr, verdorrt, tot) Baum. Vgl. vorherg. Punkt.

11) Baum aus Samen, als Stockausschlag entstanden; neuer, aus Ast gebildeter Wipfel.

12) Relative Nützlichkeit und künftige Bedeutung des Baumes in der Entwicklung des Bestandes. Bezeichnungen wie: nützlicher, indifferenter, nutzloser, nichtverwendungsfähiger, schädlicher — — Stamm (Baum); Zukunftsstamm, — —.

Der leitende Grundsatz seinerseits, nach dem die obenerwähnten Charakteristika bei der Klassifikation verwendet werden, variiert ebenfalls. Es seien in dieser Beziehung folgende Gesichtspunkte für eine Allgemeinklassifikation genannt:

1. Bei der biologischen Baumklassifikation, die den Kampf ums Dasein der Bäume innerhalb des Bestandes speziell berücksichtigt, —
2. bei der auf Vererbungsfaktoren gegründeten Baumklassifikation, —
3. bei der unabhängig von den Ursachen der Baumdifferenzierung aufgestellten morphologischen Baumklassifikation, —
4. bei der lediglich den praktischen Waldbau und die Holznutzung

(Durchforstungen, Hauptnutzungen, technische Stammqualifizierung usw.) bezweckenden, somit vom Standpunkt der Waldwirtschaft aus auf dem Nützlichkeitsprinzip fussenden Baumklassifikation, —

verwendete Gesichtspunkte.

Wie über die oben berührten Klassifizierungscharakteristika bemerkt wurde, können auch die hier erwähnten Punkte mehr oder weniger zusammenfallen oder ineinander enthalten sein. So beobachtet man z. B. Parallelen zwischen dem ersten und vierten Punkt. Andrerseits ist es gar nicht leicht, immer einen Unterschied zwischen den Merkmalen von Punkt 1 und 2 zu machen; eine Unterscheidung der phänotypen und genotypen Eigenschaften ist nämlich bekanntermassen im Zusammenhang mit einer Individualklassifizierung durch Okularschätzung bei einer Population, die aus zahlreichen Kleinformen — Biotypen — besteht, — hier dem Baumbestand, im allgemeinen nicht möglich.

Die meisten der oben aufgeführten Baumklassifikationen sind biologischer Art. Andere wiederum bezwecken eine »Nutzklassifikation», wie z. B. die von Pressler, die Dänische sowie die von Kiær, ebensowie Heck's technische Hilfsklassifikation. Einige Klassifikationen enthalten beide erwähnte Gesichtspunkte, wie z. B. die Baumklassifikation des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten und Schotte's Klassifikation. Als Beispiel einer vorzugsweise morphologischen Klassifikation sei die Hauptlinie der Klassifikation Lakari's genannt. Ebenso dürfte Kienitz' Kiefercharakterisierung eine derartige Formberücksichtigung bezwecken, wenn er z. B. sagt (1911, S. 12; Tafel I—II):

»Die Kiefer neigt immer dazu, zahlreiche verschiedene Formen der Krone und des Stammes zu bilden, von der schlanken Form, welche der Krone der gut gewachsenen Fichte ausserordentlich ähnlich ist, bis zu dem groben Gebilde, das in unbenadeltem Zustande eher einer in Sturmlage erwachsenen Eiche als einer Abietinee ähnlich ist.»

Von dieser ausgiebigen Formvariation teilt Kienitz 20 verschiedene Bilder mit.

Auf dem Gebiet der Vererbungsfrage ist in der angedeuteten Beziehung vielfach spekuliert worden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung dürfte jedoch ein näheres Eingehen auf diese Frage nicht erforderlich sein. Die untersuchten Bestände sind nämlich normale Naturbestände der Kiefer — hinsichtlich ihrer geographischen Rasse wenigstens

im grossen ganzen homogen[1], und zweitens liegt bei einer derartigen taxatorisch-biologischen Untersuchung kein Anlass vor, Beobachtungen über die Kiefernformen anzustellen, soweit sie auf der Verschiedenheit der Zapfenschuppen, Nadeln, u. a. derartiger Teile beruhen.[2] Die Spekulationen ihrerseits, die die Frage betreffen, in welchem Masse die individuelle Ausprägung der Baumdifferenzierung von der ungleichwertigen »Konstitution» der Bäume, somit von Vererbungsursachen (im Gegensatz zur »Situation», d. h. auf die Bäume einwirkenden äusseren Verhältnissen) abhängig ist, verdienen ebenfalls in dieser Untersuchung keine besondere Berücksichtigung, da hier die biologische Baumklassifikation schon an sich dem Bedürfnis genügt, das in dieser Untersuchung betreffs der in Frage stehenden Differenzierungserscheinung besteht.[3] Was schliesslich die Vererbungsverschiedenheiten betrifft, die möglicherweise beim Vergleich derselben an verschiedenen Standorten (auf umfangreicheren gleichmässigen Gebieten) beobachtet werden können, so sind auch diese bei der Baumklassifizierung innerhalb eines Bestandes nicht von Belang.[4] —

[1] Nach der Benennung SCHOTT's (1907) stände diese Rasse *Pinus silvestris* L. var. *septentrionalis* (SCHOTT) am nächsten. Die nordfinnische Kiefernform, var. *lapponica* (Fr.) Hn., gehört nicht zum Gebiet dieser Untersuchung. — Die Kleinformen der Rasse werden ebensowenig wie die gewöhnlichen individuellen Verschiedenheiten in einer Untersuchung wie der vorliegenden einer speziellen Betrachtung unterworfen.

[2] Vgl. z. B. HEMPEL und WILHELM (1896, Bd. I, S. 126).

[3] Z. B. BÖCKER (1829, z. B. S. 116) spricht von verschiedenen erblichen Eigenschaften der Bäume im Bestand. Er verwendet, wie bereits erwähnt (S. 6), u. a. Ausdrücke wie: »Bäume, die in ihrem Samen eine festere Konstitution und Anlagen zu einer höheren Vollkommenheit geerbt haben.» Ebenso GYLDÉN (1853, S. 32 Fussnote): »Bland växterne hafva en del individer mera — en annan del mindre fullkomlig konstitution, hvaraf deras frodigare eller klenare utveckling och tillväxt beror.» (»Unter den Pflanzen haben manche Individuen eine vollkommenere — andere eine weniger vollkommene Konstitution, worauf ihre üppigere oder schwächere Entwicklung oder ihr entsprechender Zuwachs beruht.») A. OPPERMANN (1909, S. 6ff.) meint ebenfalls, dass die Nachkommen der beherrschten Bäume in bezug auf die Rasse schlechter sind als die der herrschenden, und JOHANNSEN (1909, S. 195) ist der Ansicht, dass bedeutende Höhenvariation eine so deutliche Etagenbildung — veranlasst durch eventuelle verschiedene quantitative Eigenschaften — bedeutet, dass die Höhenvariation am besten durch eine zwei- oder mehrgipfelige Variationskurve charakterisiert wird. (Von den Möglichkeiten einer solchen Reihencharakterisierung auch hinsichtlich der Stammdurchmesser spricht CAJANUS (1914, S. 108—112).) FRÖMBLING (z. B. 1913) äussert ähnliche Ansichten wie BÖCKER, und WEINKAUFF (1909) spricht von der merklich verschiedenartigen Wachstumsenergie der Bäume.

[4] Über die Entstehung derartiger möglicher Verschiedenheiten vgl. CAJANDER (1916 b, S. 561—562; 1921 d, S. 10).

Es scheint angebracht zu sein, die oben aufgezählten Klassifizierungscharakteristika noch etwas näher zu betrachten.

Dabei ist jedoch im voraus zu bemerken, dass ohne genauere Untersuchungen im Bestand eine diesbezügliche Prüfung nicht zu völlig einwandfreien Resultaten führen kann. Da nun die vorliegende Untersuchung gerade eine Auseinandersetzung der inneren Struktur und Entwicklung des Bestandes bezweckt, so muss tatsächlich direkt auf die Ergebnisse derselben Bezug genommen werden, durch welche die zu stellenden Fragen besser zu beantworten sind, die aber in diesem Zusammenhang noch nicht mit Vorteil vorgelegt werden können.

Da jedoch, und zwar aus mehreren Gründen, schon hier wenigstens eine vorläufige Prüfung der erwähnten Charakteristika vorzunehmen ist, so darf diese die Frage vorläufig nur insoweit berühren, als es die vorliegende Untersuchung auf dieser Stufe erheischt. Bei dieser Aufgabe dürfte es vielleicht am zweckmässigsten sein, zunächst die fraglichen Klassencharakteristika für sich und erst danach — für die Aufstellung der als notwendig erachteten, neuen Allgemeinklassifikation — zusammen zu analysieren.

* * *

Die Stammhöhe.[1] — Recht bemerkenswert ist, dass bei vielen der hier erwähnten Baumklassifizierungsverfahren die Bäume primär in zwei grössere Kategorien eingeteilt worden sind. (Burckhardt: Hauptbestand, Nebenbestand; König: herrschende Stämme, überwachsene Stämme; Kraft: herrschender Bestand, beherrschte und ganz unterständige Stämme; Speidel: Stämme am Kronendach der stärkeren Hälfte des Bestandes teilnehmend, und nicht teilnehmend; v. Lorey: Stämme am oberen Kronenschirm theilnehmend, und nicht theilnehmend; Haug: Haupt-Bestand, Nebenbestand; Internationaler Verband forstlicher Versuchsanstalten: herrschende Stämme, beherrschte Stämme; Pressler (etc.): Hauptbestand (Haubarkeitsvorrat), Zwischenbestand; Heikinheimo (I): herrschende Bäume, verdrängte Bäume.)[2]

[1] Im weiteren der Einfachheit halber nur als »Höhe» bezeichnet.

[2] Ausser in den eigentlichen Baumklassifikationen ist eine derartige Zweiteilung auch in gewissen allgemeiner gehaltenen Bestandesstrukturbeschreibungen angegeben. So sagt z. B. Broilliard (1881), dass er eine derartige Etagierung im Bestand beobachtet habe, ebenso Schrøder (1881 (1883, S. 115 ff.)), Hauch u. A. Oppermann (1898—1902, S. 100 ff.) und, wie schon erwähnt, auch z. B. Johannsen (1909).

Was mit dieser Zweiteilung in jedem einzelnen Falle genau gemeint ist, lässt sich nicht immer mit unbedingter Sicherheit feststellen. In Anbetracht der entgegengesetzten Benennungsarten dieser beiden Baumkategorien, der diesen bisweilen beigefügten Erklärungen sowie auch des Vorhandenseins und der Art der sekundären Einteilung neben dieser Haupteinteilung darf man jedoch wohl die Höhe als den wichtigsten Einteilungsgrund dieser Zweiteilung ansehen.[1]

Dadurch, dass diese Hauptklassifikation die Höhe als primäres Charakteristikum erhielt, haben die erwähnten Klassifikatoren den Vorteil gehabt, dass sie nach der Höhe ihre Aufmerksamkeit mehr der Krone oder daneben noch anderen Charakteristika zuwenden konnten. — Eine derartige Klassifikation könnte man als eine »doppellinige» Klassifikation bezeichnen.

Was die Unterbringung des Höhencharakteristikums in einem »einlinigen» Klassifizierungsverfahren betrifft, so ist es klar, dass eine Beurteilung der Bedeutung der Höhe bei der Klassifizierung dann schwieriger ist. Erwägt man BÜHLER's Worte betreffs der Schweizerischen Klassifikation (1918, S. 489): »Bei dieser Klassenbildung sind die Kronenentwickelung, das Höhen- und Stärkewachstum, sowie die Stellung des einzelnen Baumes im Bestande berücksichtigt», so ist es tatsächlich schwer, Klarheit darüber zu erlangen, welcher Platz dem hier behandelten Höhencharakteristikum in einer derartigen Klassifikation zukommt. — Man darf sich den ausserordentlichen Schwierigkeiten nicht verschliessen, die eine einzige stufenweise Resultantenklassifizierungslinie aus so vielen wichtigen und verschiedenartigen Charakteristika bereitet.[2]

Einige einlinige Klassifikationen zeigen jedoch, dass die Klassifikatoren bei Aufstellung ihrer Einteilungen besonders gerade an die Höhe gedacht haben. Dies geht z. B. aus ENGLER's Erklärungen zu der er-

[1] In den Fällen, in denen im Hiebe selbst — Durchforstungs- bzw. Haupthieb — auf die Zweiteilung des Gehölzes Bezug genommen wird (vgl. S. 14), ist die Teilung prinzipiell eine andere. Vgl. z. B. die obenangeführte Zweiteilung PRESSLER's. Bei der Niederdurchforstung nimmt jedoch die Höhe als Einteilungsgrundlage auch hier eine wichtige Stellung ein (vgl. z. B. BÜHLER's instruktive Bilderserie 1922, S. 444—445).

[2] Wählt man z. B. die Höhe als Hauptcharakteristikum und ordnet deren Variation in Form einer Skala, so decken sich die Spielräume aller von BÜHLER erwähnten übrigen Charakteristika (Krone, Stärke, »relative Baumstellung») in beträchtlichem Masse. Ebenso geht es natürlich mit der Höhe, wenn ein anderes Charakteristikum zur Bildung der Hauptskala herangezogen wird.

wähnten Schweizerischen Klassifikation hervor (vgl. S. 9—10 Fussnote), dass die Höhe, zum mindesten seiner Auffassung nach, vielleicht der primärste Faktor in der dortigen Klassifikation ist. Ebenso finden sich in der zweiten Klasse der Einteilung des Vereins deutscher forstl. Versuchsanstalten 1873 (hier S. 8) diese die Höhe betreffenden Worte: »die zweite Etage». Desgleichen bieten noch manche anderen Klassifikationen deutliche Hinweise darauf, dass die betreffenden Klassifikatoren der Höhe eine ausschlaggebende Stellung bei der Aufstellung und Anwendung ihrer Klassifikationen zugewiesen haben.[1]

Besonders scharf hat Schotte das Höhencharakteristikum in seiner Klassifikation berücksichtigt. Schotte verwendet nämlich ausdrücklich die Höhe als Charakteristikum seiner ersten oder Hauptlinie, indem er die entsprechenden Schichten in bezug aufeinander durch relative Höhenzahlen definiert. Daneben hat Schotte im Vergleich zu Burckhardt auch nach grösserer Genauigkeit gestrebt, dadurch dass er diese primäre Einteilung vierteilig gestaltete.[2] — Schotte's Verfahren ist dann Heikinheimo in seiner zweiten Klassifikation gefolgt, und ebenso hat auch Lakari diese Einteilung wiederholt, indem er sie jedoch erst an zweiter Stelle nennt und so die Höhe in seinem Baumklassifizierungssystem gewissermassen als sekundäres Moment charakterisiert.

Die Krone. — Sowohl bei ein- als mehrlinigen Baumklassifikationen ist neben der Höhe offensichtlich die Krone das meistbestimmende Charakteristikum — sogar so bestimmend, dass Heck, die Höhe vergessend, Kraft's und andere gleichartige Klassifikationen überhaupt nur als »Kronenklassifikationen» (1898, S. 35; 1904, S. 95) bezeichnet. Wie erwähnt, scheint auch Bühler der Krone gewissermassen den Vorrang eingeräumt zu haben, und noch bestimmter meint dies Lakari.

Jene merkliche Unklarheit in den Klassenbezeichnungen, die fast alle älteren Klassifizierungsverfahren aufweisen, wenn sie mit einem Ausdruck sowohl Höhe als Kronenbeschaffenheit bezeichnen, zeigt, dass

[1] Eine Art biologische Höheneinteilung ist auch die im österreichischen Staats- und Fondsforste verwendete Höhenklassifizierung (Instruction — — 1901). In der Fussnote S. 65 heisst es: »Die Überständer, Vorwüchse, dominierenden Stämme, beherrschten (übergipfelten) und unterdrückten Stämme stellen fünferlei Höhenclassen dar.»

[2] Hauch und A. Oppermann haben neben einer eigentlicheren Höhenzweiteilung auch eine Höhendrei- und -vierteilung vorgenommen, ohne diese jedoch näher zu definieren (1898—1902, S. 101).

zwischen Höhen- und Kronencharakteristikum keine deutliche Scheidung vorgenommen worden war.

Eine derartige Entwicklung der Anschauungen ist auch nicht zu verwundern, denn eine relativ bedeutende Höhe ist ja im Kampfe zwischen den Bäumen kein ausschliesslich massgebender Faktor, sondern der Baum braucht auch eine relativ gut entwickelte Krone, um den Kampf mit den Nachbarbäumen erfolgreich ausfechten zu können, sonst müsste er — trotz seiner bedeutenden Länge — eingehen. Unter diesen Umständen lässt sich wohl begreifen, dass bei früheren Klassifizierungen keine deutliche Unterscheidung zwischen Höhen- und Kronencharakteristika vorgenommen worden ist, sondern dass man sich bestenfalls damit begnügte, die Höhe in BURCKHARDT's Weise einfach durch zwei Folgen zu charakterisieren. Vielleicht wurde auch eine vollständige Scheidung zwischen diesen beiden einander in unmittelbarster Weise ergänzenden Charakteristika vom biologischen Standpunkt aus als fehlerhaft angesehen, da beide entscheidend an der Definition der relativen »Beherrschungs»-Stellung unter den Bäumen teilhaben. Und unleugbar sind auch die Argumente dieser Anschauungsweise schwerwiegend genug.

Die Sache lässt sich aber auch anders beurteilen. Schon der Umstand z. B., wie eine genauere praktische Analyse der Bestandesstruktur, setzt den Wert der erwähnten Argumente herab. Es ist ja nämlich recht schwer, die Untersuchungen über Höhen- und Kronenvariationen zu einer einzigen Handlung, d. h. zu einer einzigen Messungsaufgabe zu verbinden. Gewiss dürfte keine mathematische Formel völlig objektive Klarheit über den Charakter einer solchen »komplexen» Erscheinung geben können. (Dass diese Charakteristika in bestimmten Gruppierungen in beträchtlichem Korrelationsverhältnis zueinander stehen, ändert nichts an der Sache.) — Dieses e i n e Beispiel dürfte zur Genüge zeigen, wie schwer sich im Rahmen einer genaueren Bestandesanalyse zwei voneinander so stark abweichende Charakteristika wie Stammhöhe und Krone zu einem einzigen »Haupt»charakteristikum verbinden lassen — so verlockend auch ein solches Verfahren scheinen mag.

Schon im Interesse praktischer und exakter Untersuchungen muss eine genügend scharfe Grenze zwischen diesen Charakteristika gezogen werden. SCHOTTE hat eine solche Scheidung vorgenommen und zwar so, dass er der H ö h e — sicher mit gutem Grunde — den ersten Platz zuwies. Diese ist gerade durch seine früher erwähnte Klassifikation in vier Stufen nach der H ö h e, die merkwürdigerweise mit der Benennung »K r o n e n schichten» belegt wurden, verwirklicht worden. —

Bei der Behandlung der Krone als selbständiges Klassencharakteristikum nach Schotte's Vorgang zeigt sich, dass sowohl deren Form als deren Grösse von Bedeutung sind. Um einen Terminus zu erhalten, der diese zwei Begriffe zu einem zusammenfasst, wird im Folgenden die Variation der Krone in diesem Sinne als Kronen q u a l i t ä t s variation bezeichnet.

Mit Schwankungen der gegenseitigen Stellung der Bäume sind auch solche der Kronenqualität verbunden. Die Beschattung — als »Seitenbeschattung» in der Konkurrenz innerhalb der Schichten und als »Dachbeschattung» in der zwischen den Schichten —, sowie die mechanische Abnutzung infolge des Windes, im Verein mit der Wurzelkonkurrenz, sowie die Neigung der Krone, sich am kräftigsten auf der Sonnenseite zu entwickeln, dürften, abgesehen von den Vererbungsfaktoren, Krankheitsursachen u. dgl., als Hauptursachen der Variationen der Kronenqualität im Bestand angesehen werden können.

Da die gegenseitige Lage der Bäume Gegenstand der verschiedenartigsten Kombinationen sein kann und die Krone bekanntlich für deren Einwirkung sehr empfindlich ist (vgl. die Untersuchung), so ist es natürlich, dass man bei einer genauen Kronenbeobachtung eine unbegrenzte Menge verschiedener Varianten unterscheiden kann.

Bei Beurteilung dieses Schwankens vom Standpunkt einer a l l g e m e i n q u a l i t a t i v e n K l a s s i f i k a t i o n ist es ohne weiteres klar, dass nur die H a u p t t y p e n zur Unterscheidung kommen können. Die sog. »Zwischenqualitäten» oder »Randfälle» lassen sich nicht parallel mit den »typischen» Varianten sondern, da die Hauptcharakterisierung der Variation hierdurch im allgemeinen keinen bedeutsameren neuen positiven Zug erhält, die Klassifikation hingegen nur erschwert wird. — Eine derartige Klassifizierungsanalyse gibt zu gewissen Beobachtungen und Schlüssen Anlass.

Schotte's Verfahren, die Kronenklassifikation in der Weise vorzunehmen, dass diese Untereinteilung in allen Stufen der Hauptklassifikation d i e s e l b e ist — die vollkommenste Form des »Liniensystems» — ist nicht ohne weiteres biologisch konsequent durchführbar. Es ist nämlich klar, dass die Kronenqualitäten und deren Haupttypen in verschiedenen Höhenstufen nicht identisch sein können.

Dass tatsächlich Unterschiede zwischen denselben Kronenqualitäten verschiedener Höhenschichten bestehen, zeigen die Kronenklassendefinitionen Kraft's, des i n t e r n a t i o n a l e n V e r b a n d e s f o r s t l i c h e r V e r s u c h s a n s t a l t e n und anderer ähnlicher Klassifi-

zierungsverfahren, bei denen die Unterschiede zwischen den einzelnen Unterklassen ohne Zweifel deutlich sind, — und den Wert dieser Definitionen dürfte man in dieser Beziehung auch kaum verneinen können.

Der Kern der Sache liegt aber nicht darin, dass zwischen den biologischen Baumklassen Unterschiede bestehen, sondern darin, dass sich zwischen ihnen auch Übereinstimmungen finden, — und in diesem Falle ist es gewiss angemessener, in erster Linie das Gemeinsame zu betonen als die Verschiedenheiten.

Wo sich nämlich nur irgendwie die Art der Klassifizierung vereinfachen lässt, ohne dass deren eigene Grundprinzipien verletzt werden, ist dies zu tun. Es ist dann immer noch schwer, die Klassifikation genügend einfach und praktisch zu gestalten.

Hierbei ist es zunächst unumgänglich, die Definitionen der Baumtypen dahin einzuschränken, dass ihre Charakterisierung tatsächlich in der Hauptsache auf die primäre Klassifikation als Ganzes Anwendung finden kann, zweitens, dass diese Typen in jeder Unterabteilung der Hauptklasse nach ihrem eigenartigen Charakter objektiv aufgefasst werden, und drittens, dass die aus den Einschränkungen der Typendefinitionen herfliessenden Mängel (die aus den besonderen Anforderungen der verschiedenen Unterabteilungen erwachsen), falls derartige vorhanden sind, durch getrennt vorgenommene Spezialdefinitionen beseitigt werden.

Bei der Kronenklassifizierung würde dies z. B. bedeuten, dass den Kern der Allgemeindefinition der Typenklassifizierung die durch die Konkurrenz in derselben Etage hervorgerufenen Hauptqualitäten bilden müssten, da sich vermuten lässt, dass dieser zunächst wagrechte Kampf in allen Etagen annähernd derselbe ist. Dagegen wären die Wirkungen des Höhenkampfes — d. h. zunächst die der Konkurrenz zwischen den verschiedenen Etagen — bei dieser Definition mit bedeutend grösserer Vorsicht in Betracht zu ziehen, da diese Konkurrenz auffälliger durch die Verschiedenheit zwischen den einzelnen Etagen charakterisiert wird.

SCHOTTE hat die obigen Forderungen auf verschiedene Weise kombiniert. Teils hat er an die »wagrechte» Typenklassifikation Bemerkungen über die Wirkungen auch der »senkrechten» Konkurrenz angeschlossen (d, (d)), wobei er unter (d) erwähnt, auf welche »Kronenschichten» sich der betr. Zusatz bezieht (3, 4), — teils hat er die aus den Höhenunterschieden resultierende Kronenverschiedenheit schon bei seiner Höhenlinie, somit in den Erklärungen der Kronenschichten (2 und 3) mitge-

teilt. Drittens erwähnt er S. 257 (1912), dass gewisse Höhen-Kronenqualitätskombinationen sehr selten sind (1 d, 3 b, 3 c und 4 b); dies betrifft jedoch nur die Typenklassen als solche und nicht die Variationen innerhalb der Typen.

Nach der Ansicht des Verf. ist Schotte die Charakteristik der Kronenvariationen zwischen verschiedenen Schichten und in denselben Schichten gut gelungen. Was dagegen Schotte's Charakterisierungen der Kronentypen als solcher, sowie deren Menge, gegenseitige Anordnung und Bezeichnung betrifft, so ist Verf. darüber mehrfach anderer Meinung.

Betrachtet man die Zahl der Kronenklassen in Schotte's späterem Vorschlage, so findet man, dass diese schon an sich sieben betragen (»reine», a, (a), b, (b), d, (d); die übrigen Unterklassen sind durch gewisse andere Charakteristika veranlasst), was im Kronendach insgesamt theoretisch 28 Klassen ausmacht. Kombiniert man die Grundklassen programmgemäss noch miteinander, so beträgt die Gesamtzahl der Höhennebst Kronenklassen — ebenfalls theoretisch — 60.

Mustert man nämlich Schotte's Definitionen der b- und (b)-Klassen, besonders im Lichte des vorgebrachten Kombinationsbeispiels (1 ab) durch, so wird deutlich, dass die b- und die (b)-Klasse als solche Kronen betreffen, die ebensogut wie auch jene »reinen» Bäume nach verschiedenen Richtungen gleichmässig entwickelt sind. Die als »rein» bezeichneten Klassen, einschliesslich b und (b), sind also bei Schotte gewissermassen koordinierte »Kronengrössen»-Klassen und a, (a), d und (d) »Formdeformations»-Unterklassen von diesen. Die Klassen (b) und b sind somit derselben Deformationserscheinung unterworfen wie die »reinen»[1], woraus folgt, dass man aus Schotte's Bezeichnungen folgende Kronenqualitäten erhält:

»reine»,	(a),	a,	(d),	d;
(b),	(a) (b),	a (b),	(d) (b),	d (b);
b,	(a) b,	a b,	(d) b,	d b.

Stellt man diese 15 Klassen weiterhin mit den Kronenschichten zusammen, so erhält man eine theoretische Klassenzahl von der erwähnten Grösse. Die effektive Klassenzahl ist jedoch einigermassen kleiner, da, wie schon erwähnt, nicht alle Kombinationen immer in der Natur auftreten. Die Klassenzahl kann natürlich auch dadurch vermindert wer-

[1] Die d-Form kann in der b-Klasse am nächsten nur als durch entgegengesetzten Doppeldruck entstanden auftreten, denn bei Druck von mehreren Seiten tritt der Baum bald, infolge Verkleinerung der Krone, zunächst in die (b)-Klasse und dann in die Klasse der »reinen» über.

den, dass biologisch weniger wichtige Klassen unberücksichtigt bleiben.[1]

Die Kronenklassifikation SCHOTTE's gründet sich somit gerade auf jene zwei erwähnten Komponenten der Kronenqualität: auf die Grösse und die Form. Daraus wird dann klar, dass man Kronengrösse und -form gewissermassen als zwei verschiedene Klassifizierungslinien ansehen könnte, woraus schliesslich folgen würde, dass sie auch eine dementsprechende freie Bezeichnungsform erhalten müssten, die konsequent und deutlich den Anteil beider an der biologischen Charakterisierung der Kronenqualität verdeutlichen würde. —

Ein anderer Forscher, der in seiner Klassifikation der Kronenqualität einen gegenüber den anderen Charakteristika relativ selbständigen Platz eingeräumt hat und bei dem die Kronenklassifikation ebenfalls (nach SCHOTTE) die frei aufgestellte Höhenklassifikation durchbricht, ist LAKARI.

LAKARI hat aus den Kronenqualitäten zwei Linien gebildet, von denen die eine die Hauptlinie der Klassifikation (I—V) und die andere einen Teil von der dritten Linie der Klassifikation (a, b, c, e) darstellt.[2]

Die Kronenhaupttypen gründen sich vorzugsweise auf eine morphologische Klassifikation von stereometrisch regelmässigen Kronen und die Untertypen auf Kronendeformation bzw. Kronenbeschädigung. Wie

---

[1] Dass die Klasse der »reinen» Bäume in SCHOTTE's Klassifikation ohne eigenes Buchstabenzeichen geblieben ist, ist nach der Ansicht des Verf. nicht genügend motiviert. Die »reinen» bilden nämlich ebenso wie die anderen Typen eine eigene Baumklasse, und das Buchstabenzeichen würde dann am nächsten als K l a s s e n zeichen an sich, nicht als F e h l e r zeichen auftreten, als welches es SCHOTTE charakterisiert hat (1912, S. 256 und 1923 a, S. 6). — Da es gleichzeitig notwendig erscheint, alle Bäume der Kronenschicht durch ein einziges Zeichen zu charakterisieren, wozu sich natürlich das eigene Zifferzeichen der Kronenschicht eignet, wie auch SCHOTTE vorschlägt (z. B. 1923 a, S. 6), so erhält man somit zwei Begriffe, die sich desselben Zeichens bedienen: die Kronenschichten und die entsprechenden »reinen» Bäume. Dies hat übrigens auch SCHOTTE selbst in der Praxis erkannt, da er in solchen widersprechenden Fällen für die »reinen» Bäume das Zeichen v (= »välformad krona och stam = wohlgeformte Krone und Stamm»; 1912, S. 262, Tabelle 2) verwendet. Ein solches überschüssiges Zeichen ist jedoch als weniger sachlich zu betrachten.

[2] Ob der Klassifikator mit seiner e-Klasse vielleicht u. a. eine Kronengipfeldeformation meint, die oft in den Kronen mehr bedrängter Individuen beobachtet werden kann, ist nicht ganz gewiss, indessen lässt es sich wohl vermuten, da diese prägnante Kronenentwicklungsschadhaftigkeit in keinem anderen Zusammenhang erwähnt ist.

Die aus Vergabelungen d und die vorzugsweise aus Krankheitsursachen f resultierenden »Kronenqualitäten» sowie die schneegedrückte g werden hier in anderem Zusammenhang behandelt werden.

erwähnt, vertritt die zweite Linie der Klassifikation die Stammhöhendifferenzierung.

Wenn nach diesem, in erster Linie einer morphologischen Klassifikation dienenden System die von der Konkurrenz unter den Bäumen veranlasste biologische Höhen- nebst Kronendifferenzierung beschrieben werden soll, sind alle drei Linien zur Anwendung zu bringen. Die Höhen-Kronen-Klassenzahl wäre dann folgende:

Kronenhaupttypen (I—V) ..... 5 Kl.,
»regelmässige» und Kronenentwicklungsuntertypen (a, b, c, e) 5 »·,
Höhenschichten (1—4) ..... 4 »,

was bei voller theoretischer Kombination hundert Klassen betragen würde.

Abgesehen von den Kombinationen der a-Form, die man wohl auf das Konto der Überjährigkeitserscheinungen setzen kann, ebenso von gewissen Unterklassenkombinationen, besonders des I. und II. Haupttyps, die entweder oft gar nicht auftreten oder deren Bedeutung in der Allgemeinklassifikation unwesentlich ist, sowie durch Verlegung der Gipfeldeformation e in diejenigen Haupt- und Unterklassen, in denen sie auftritt, wobei somit deren Definitionen entsprechend vervollständigt werden, — erzielt man somit auch bei biologischer Klassifikation eine bedeutende Reduktion der Klassenzahl. Eine andere Sache ist jedoch, ob diese Einteilung an sich einem biologischen Klassifizierungszweck ebensogut genügt wie dem morphologischen, für den sie in der Hauptsache aufgestellt sein dürfte und dessen Anforderungen sie ausgezeichnet zu erfüllen scheint.[1] —

Was nun noch besonders die Kronenfehler anbelangt, so können gewisse der obenerwähnten Kronenklassen schon bedeutende solche enthalten. Überdies können in der Krone natürlich noch andere Arten von Schadhaftigkeiten auftreten, wie Schneebrüche u. a. Siehe hierüber besonders das hier folgende Unterkapitel. — Was zweitens die Kronenkrankheiten anbetrifft (Pilz-, Insektenschäden, pathologische Prozesse), so werden auch diese hier keiner näheren Behandlung bedürfen,

[1] Die Verwendung dieser Klassifikation zu biologischen Einteilungszwecken wird dadurch etwas erschwert, dass die auf die Krone bezüglichen Haupt- und Untertypenreihen Kronenqualitäten enthalten, deren Ursache in der gegenseitigen Konkurrenz der Bäume zu suchen ist. Eine skalenmässige und gleichzeitig einfache biologische Klassifikation, die sowohl auf die Ursache als auf die Wirkung Rücksicht nimmt, lässt sich deshalb mit Hilfe dieses Systems nicht ganz leicht ausführen. — Vgl. die weitere Darstellung.

da es sich hier um einen Sonderfall der Krankheitsfrage des Baumes überhaupt handelt. Es dürfte — vom Standpunkt der Allgemeinklassifizierung betrachtet — das Einfachste sein, kranke Bäume als eine Gruppe für sich zu behandeln, die dann bei einer Spezialklassifikation genauer zerlegt werden kann.

Die Beschaffenheit des Stammes. Krankheit. Tod. — HECK ist der erste, welcher zielbewusster die Stammqualität in Verbindung mit der Baumklassifizierung untersucht hat. Seine »Schaft- oder »Schaftformklassen» bildeten in der Hauptsache nur eine Hilfs- oder Nebenklassifizierung zu der KRAFT'schen und anderen »Kronenklassifikationen» (nach HECK).

Will man jedoch die Stammqualität konsequent im Klassifizierungssystem unterbringen, so ist natürlich auch die Art und Weise sowie die Genauigkeit zu beachten, mit der die anderen Charakteristika vorher in der Klassifikation definiert worden sind. Der technische Wert des Stammes kann nämlich schon bei diesen teilweise zum Ausdruck kommen (z. B. Höhe, Krone, Krankheit). HECK's Skala kann man somit nicht ohne weiteres anwenden, sondern man muss die Stammqualitätsklassifikation nach der besonderen Beschaffenheit des jeweils in Frage stehenden Grundklassifizierungssystems einrichten. (Vgl. S. 50 ff.)

In der Klassifikation des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten findet man ebenfalls »Stammform» und »Stammausformung», wie die Charakteristika dort heissen. Die Stammqualität wird darin teilweise mit der Kronenqualität in Parallele gestellt. So lautet z. B. die Definition von Klasse I.2: »Stämme mit abnormer Kronenentwickelung oder schlechter Stammform» (Sperrung vom Verf.).

Auch SCHOTTE hat in seiner Klassifikation Stamm- und Kronenqualität nebeneinandergestellt, zwar nicht in denselben Klassen, aber doch in derselben Linie. SCHOTTE's Klassifikation enthält übrigens, wie erwähnt, nur zwei Linien, für deren eine die Höhe und für die andere die übrigen Charakteristika als Einteilungsgrund dienen.

Die Baumklassifikation hat jedoch offenbar sowohl nach Kronen- als nach Stammqualität getrennt zu geschehen, so dass diese Charakteristika nicht in eine »Entweder—oder»-Stellung zueinander geraten, sondern beide fortwährend an ihrem Teil und gesondert die Baumklassifikation bestimmen. Aus diesem Grunde wird man sie nicht gern in einer einlinigen Klassifikation nebeneinanderstellen. — Das Erwähnte

erhält noch eine Stütze aus den Bemerkungen, die weiter unten gemacht werden.

Von SCHOTTE's e- und f-Klasse, die kranke bzw. abgestorbene Bäume vertreten, ist hinsichtlich der Klassifizierungslinienbildung dasselbe zu sagen wie von seinen Kronen- und Stammqualitätsklassifikationen. Was die Klasse der absterbenden Bäume betrifft (f), so nimmt diese eine ganz gesonderte Stellung zu den vorigen ein, wie sich bei der späteren Ausführung zeigen wird (siehe das hier folgende Unterkapitel). —

Die Nebeneinanderstellung von zwei oder mehr Charakteristika in derselben Linie hat sich demnach nicht als glücklich erwiesen, soweit es sich um die hier aufgezählten Charakteristikumqualitäten oder Gruppen von solchen handelt. Dies gibt übrigens auch SCHOTTE selbst gewissermassen zu, wenn er von der Klassifizierungsweise einer andern Einteilung sagt (1912, S. 252)[1]: »Mot den nuvarande indelningen kan också med skäl göras anmärkningar, då indelningsgrunden är en kombination af både tekniska och biologiska principer.»[2]

In der oben zusammengestellten Liste von Charakteristika wären schliesslich noch einige anzuführen, die noch nicht näher behandelt worden sind. Von diesen seien hier speziell die relative Stammstärke bzw. das relative Stärkenwachstum des Stammes, die relative Vollholzigkeit des Stammes und das relative »Nützlichkeitsmoment» des Baumes erwähnt.

Was die relative Stammstärke (bzw. das Stärkenwachstum) betrifft, so ist sie — wie in der vorliegenden Untersuchung gezeigt werden wird, — ein Charakteristikum, das in einem bemerkenswerten Abhängigkeitsverhältnis zu den biologischen Charakteristika, Höhe und Krone (bis zu einem gewissen Grade auch zu den Stammfehlern usw.), die primärer als es selbst sind, steht, und zwar in dem Masse, dass die Einzeluntersuchungen über die Variationen der Stärke im Rahmen

[1] Vgl. ebenso LAKARI (1920 b, S. 12).

[2] »Gegen die derzeitige Einteilung können auch mit Fug Einwände erhoben werden, da der Einteilungsgrund eine Kombination von technischen sowohl als von biologischen Prinzipien ist.»

Übrigens hat SCHOTTE die Baumklassen so zu ordnen versucht, dass der Baum, je weniger er seinen Platz im Bestand verteidigt, desto weiter fort in dem Klassifizierungsschema gestellt wird (1912, S. 257).

dieser Charakteristika mit beachtlicher Wahrscheinlichkeit unter bestimmten Verhältnissen (Holzart, geographische Lage, Alter, Standort, Art der Pflege usw.) zu ganz bestimmten Ergebnissen führen. Dieses Charakteristikum braucht daher in einem allgemeinen biologischen Baumklassifizierungssystem nicht, und kann im allgemeinen auch nicht (vgl. die Untersuchung), als selbständiges Klassifizierungsobjekt berücksichtigt werden. — Ebenso wie mit der Stammstärke verhält es sich mit der relativen Vollholzigkeit (der Form) des Stammes. (Vgl. S. 51—52 Fussnote 2.) — Bei vergleichenden Klassenerklärungen können diese Charakteristika übrigens im Zusammenhang mit anderen Erwähnung finden. —

Weiter ist das von PRESSLER und der Dänischen Klassifikation herangezogene »Nützlichkeitscharakteristikum» besonders zu erwähnen.

Die Frage über die Vortrefflichkeit einer diesbezüglichen Klassifikation aus dem Gesichtspunkt der wirtschaftlich vorteilhaftesten Waldbehandlung betrachtet konzentriert sich darauf, wie leicht und wie objektiv dieselbe in der Praxis ist. Auf diese Frage antwortet KIÆR, wie erwähnt, ein Anhänger einer derartigen Klassifikation, folgendermassen (1911, S. 35; 1916, S. 11):

»Hvad disse betegnelser (hovedstammer, skadelige sidestammer, fremtidsstammer, nyttige sidestammer, indifferente stammer) betyr, det behøver ingen nærmere forklaring, ti ingen skogeier eller skogsmand som vil foreta tyndingshugst i sin skog vil være i tvil om, hvad der f. eks. menes med en skadelig sidestamme eller hvad en fremtidsstamme er for noget, og han behøver heller ikke fundere længe paa hvilken som ved tyndingen skal hugges og hvilken som skal bli staaende.» [1]

So einfach dürfte die Sache jedoch leider nicht sein, — das bezeugen schon die bedeutenden Verschiedenheiten der Baumklassifikationen und die lebhaften Debatten, die die Durchforstungsgeschichte so reichlich aufweist (vgl. auch z. B. S. 14 und 167—168 hier). Besonders sei zu dieser Klassifikation Folgendes bemerkt.

[1] »Was diese Bezeichnungen (Hauptstämme, schädliche Nebenstämme, Zukunftsstämme, nützliche Nebenstämme, indifferente Stämme) bedeuten, bedarf keiner näheren Erklärung, denn kein Waldeigentümer oder Forstmann, der in seinem Wald eine Durchforstung vornehmen will, wird im Zweifel sein, was z. B. unter einem schädlichen Nebenstamm verstanden wird oder was ein Zukunftsstamm ist, und er braucht auch nicht lange darüber nachzudenken, welcher bei dem Auslichten gefällt werden und welcher stehen bleiben soll.»

Schon die Konstatierung, dass das Nützlichkeitscharakteristikum kein rein biologischer Begriff ist (Kiær charakterisiert den fraglichen Klassifizierungsgrundsatz als biologisch; z. B. 1916, S. 10), sondern ein Begriff, der vornehmlich aus der wirtschaftlich interessierten Holznutzung entsprungen ist, macht seine Verwendung als Einteilungsgrundlage einer biologischen Klassifikation unmöglich. Die Nützlichkeitsklassifikation bedeutet, dass die Klassifizierung nicht nur nach dem derzeitigen biologischen Stande des Bestandes geschehen darf, sondern dass beim Streben nach einem möglichst vorteilhaften wirtschaftlichen Reifeergebnis auch das Endergebnis der Bestandesentwicklung im Auge zu behalten ist. Dieses Verhalten spiegelt sich übrigens deutlich z. B. in Kiær's Benennung seiner dritten Baumklasse wider: »fremtidsstammer» (»Zukunftsstämme»).

Bei dieser Nützlichkeitsklassifikation verbinden sich also offenbar die Charakterisierung des jetzigen Zustandes des Bestandes und das Zukunftsbild dieses Zustandes zu einem Klassifizierungsbegriff. Die objektive Charakterisierung dieses Begriffs erfordert somit als Ergänzung einer biologischen Klassifikation nach Art der weiter oben erklärten die Kenntnis des Entwicklungsganges des Bestandes während dessen ganzer Lebenszeit, also die Kenntnis der Veränderungen, die in der inneren Struktur des Bestandes im Laufe der Zeit stattfinden werden, d. h. davon, wie sich die biologischen Baumklassen der jetzigen Stufe in künftigen Altersstufen zueinander verhalten werden und wie und in welcher Zeit die Baumindividuen von einer Klasse in die andere, von einer Phase in die andere übertreten, — dies alles zunächst vom biologischen, dann infolgedessen vom wirtschaftlichen Standpunkt aus beurteilt. Erst eine volle Kenntnis dieser Erscheinungen vermag einer kritischen Klassifikation auf Grund der Nützlichkeit Bedeutung zu verleihen.

Die früher geschilderten biologischen Klassifizierungsverfahren und die zuletzt charakterisierte Nützlichkeitsklassifikation sind somit keine Konkurrenten auf dem Gebiete der Einteilungssystematik, sondern sie ergänzen sich gegenseitig. Die Nützlichkeitsklassifikation kann also jede biologische Klassifikation ergänzen, wenn die Nützlichkeitsfrage in den Vordergrund tritt, d. h. wenn man zu entscheiden hat, welche biologischen Baumklassen bzw. Teile derselben vom wirtschaftlichen Standpunkt des Waldbaus jeweils nützlich, welche schädlich, indifferent usw. sind. —

Die vorliegende Untersuchung und die zu ihr geplanten weiteren

Studien streben danach, an ihrem Teil zur Erklärung der hier erwähnten biologischen Erscheinungen in normalen Beständen der unberührten Natur beizutragen und so die Kenntnis der biologischen Grundlage forstwirtschaftlicher Berechnungen zu erweitern.

* * *

Die in vorliegender Untersuchung angewandte Baumklassifikation.

Die oben in grossen Zügen vorgenommene Durchmusterung der Baumklassifikationen hat gewissermassen die Richtlinien gegeben, nach denen die Baumklassifikation einer Untersuchung, die die innere Struktur und Entwicklung des Bestandes behandelt, einzurichten ist. — Eine solche Klassifizierung muss sowohl biologisch als taxatorisch befriedigend charakterisierbar sein, sie muss der mathematisch-statistischen Reihenbehandlung befriedigende Homogenitätsgarantien bieten und die Forderungen des praktischen Waldbaus nach Einfachheit und Klarheit erfüllen.

Die Baumklassifikation hat sich denn auch, wie die oben angeführten Baumklassifizierungsmethoden zeigen, wesentlich in dieser Richtung entwickelt.

Von BURCKHARDT rührt die Zweiteilung des Bestandes in erster Linie betreffs der Höhe her, die auch in dieser Untersuchung, wie sich zeigen wird, weiterhin ihren Platz behauptet. SCHOTTE gebührt das Verdienst, der Höhe eine ausdrücklichere Erwähnung und der Einteilung BURCKHARDT's eine grössere Genauigkeit gegeben zu haben — in der vierteiligen sog. Kronenschichteneinteilung.

KRAFT's, v. LOREY's, HAUG's und einige andere Klassifikationen sind insofern von Bedeutung, als die Kronendifferenzierung eine genauere und deutlichere Charakterisierung erfahren hat. Die Kronencharakterisierung hat dann SCHOTTE noch weiter entwickelt und unter Verwendung von HECK's einfacher, wenn auch freilich leicht zur Überklassifizierung führender Untereinteilungstechnik mit seiner Höhenklassifikation in Zusammenhang gebracht. —

SCHOTTE hat also tatsächlich eine zweifellos vorzügliche Klassifikation entwickelt. — Dass jedoch noch neue Gesichtspunkte zur Geltung kommen können, deren Verwirklichung ihrerseits die obigen Klassifizierungsgrundsätze strenger durchführen würde, als es SCHOTTE's Einteilung tut, dürfte aus dem oben Angeführten hervorgehen.

In der Absicht, die Klassifikation weiterhin auf biologischer Grundlage auszubauen, bringt Verfasser, auf seinen eigenen Untersuchungen fussend, zu dem Obigen noch Folgendes vor.

Die Hauptgliederung der Klassifikation. — Aus der vorliegenden Untersuchung muss bereits im voraus erwähnt werden, dass kein Grund vorhanden ist, die Höhe aus der primären Stellung zu verweisen, die ihr mehrere Klassifikatoren offenbar eingeräumt haben, sowie dass sich weiterhin ergeben hat, dass sowohl Burckhardt's Höhenzweiteilung als Schotte's Höhenvierteilung, beide an ihrem Teil und an ihrem Platze motiviert zu sein scheinen. Keine sonstige Höhenteilung, wie z. B. die Drei- oder Fünfteilung, haben durch die Untersuchung eine besondere Stütze gewonnen. — In der Klassifikation des Verf. finden sich daher sowohl Burckhardt's als Schotte's Primärteilungen, wodurch ermöglicht wird, je nach den Umständen eine einfachere oder vollständigere Höhenklassifikation zu verwenden. Das gegenseitige Verhältnis dieser Einteilungen wird ein solches sein, dass die Vierteilung paarweise mit der Zweiteilung zusammenfällt.

Was dagegen Schotte's Bezeichnung »Kronenschichten» anbelangt, so ist diese nach der Meinung des Verf. nicht völlig zufriedenstellend. Freilich erhält eine solche Schicht teilweise ihre Definition daraus, wie sich ihre Kronen zu denen anderer Schichten verhalten, aber die Hauptsache ist doch gerade, wie sich die Spitzen der Schichtenbäume, d. h. die Stammhöhen zueinander verhalten. Dies spiegelt recht deutlich der Umstand wider, dass sich diese Schichtung durch keinerlei Kronengrössenzahlen sachlich charakterisieren lässt, da nicht nur die vertikale, sondern auch die horizontale Konkurrenz unter den Bäumen ein Faktor der Kronenbildung ist und in den Kronengrössenverhältnissen einen solchen Wechsel hervorruft, dass die Spielräume der Schichten einander in recht erheblichem Masse decken. Die Schichtung ist somit tatsächlich nur durch Höhenverhältniszahlen zu definieren.

Deshalb erscheint es folgerichtiger, diese Schichten nach der Stammhöhe und nicht nach der Krone, somit als »Höhenschichten» — oder kurz »Etagen» — zu bezeichnen. (Vgl. auch S. 32.)[1] — Was sowohl die von Schotte verwendeten Verhältniszahlen der Etagen als

[1] Erwähnt sei, dass A. Oppermann den Terminus »Höhenschicht» (Højdelag) bei der Aptierung verwendet hat (1912). Dieser hat natürlich nichts mit dem hier charakterisierten Begriff der Höhenschichtung zu tun.

auch die in dieser Untersuchung vorgenommene nähere Etagencharakterisierung anbelangt, wird hierüber weiter unten eingehend gehandelt werden.

Die Baumklassen. — Das von SCHOTTE ausgebaute Verfahren HECK's, der Hauptklassifikation eine gemeinsame Untereinteilung anzufügen, wurde im Obigen schon berührt. Die Vorteile, die es bietet, sind nach Ansicht des Verf. als bedeutender anzusehen als die Schwächen.

Bei einer Baumklassifikation nach diesem Verfahren liegt vielleicht Anlass vor, nach der vorbereitenden Musterung der verschiedenen Baumklassencharakteristika die Baumklassen in ihrer Gesamtheit noch allgemein zu erörtern. Unter weiterer Bezugnahme auf SCHOTTE's Klassifikation sei u. a. Folgendes erwähnt.

Wie schon früher gesagt, liegt bei den bedeutenden Grössen- und Formvariationen, die die Charakteristika der Baumeinteilung im vollbestockten Bestand zeigen, kein Grund vor, für die allgemeine Entwicklungsklassifikation andere als solche Haupttypen zu unterscheiden, die die Differenzierung der Bäume besonders charakteristisch widerspiegeln. Sache der Allgemeinklassifikation ist es nämlich, einen klaren und konsequenten Grundstock für eine grosszügige Beschreibung der Differenzierung zu liefern, — für eine solche Analyse, in der die innere Struktur des Bestandes in grossen Zügen gezeichnet die Hauptsache ist, und nicht die Bäume als isolierte Individuen mit ihrer genauen Einzelcharakterisierung.

Die Klassifizierungsgrundlage muss also so klar und, soweit möglich, einfach sein, dass die Massenerscheinungen der Differenzierung voll zu ihrem Rechte kommen und dass somit auch die von einer solchen Charakterisierung vorausgesetzten statistischen Untersuchungsverfahren erfolgreich dabei zur Anwendung kommen können.

Sache von Spezialforschungen ist es dann, die Klassifikation auf dem jeweiligen Spezialgebiete der Untersuchung auszubauen. Erst hier wird die Art der Spezialklassifikation näher in Erwägung gezogen. Bei der Allgemeinklassifikation ist dagegen umsomehr Aufmerksamkeit darauf zu richten, dass ihr Schema die Möglichkeit zu weiterer Spezialklassifikation bietet.

Abgesehen davon, dass SCHOTTE's zweite Klassifikation wegen ihres Überreichtums an Klassen praktisch nur schwer bei weitergehenden Bestandesanalysen anwendbar ist, muss konstatiert werden, dass die Klassenzunahme in seiner zweiten Klassifikation in der Hauptsache —

betreffs der Hauptentwicklungstypen der Bäume — keine einzige neue Hauptform ergeben hat, dass aber die gut charakterisierten Kronentypen der ersten Klassifikation durch die Zwischentypen an Ausgeprägtheit verloren haben. Die einzige Klasse, die scheinbar eine neue Stufe charakterisiert, ist Klasse (f), d. h. die Klasse der absterbenden Bäume, aber auch diese war, wie gezeigt werden soll, schon sachlich in gewissen anderen Klassen enthalten. SCHOTTE's zweite Klassifikation kann somit als Allgemeinklassifikation nicht für vorteilhafter gelten als die erste.[1]

Wie weiterhin konstatiert wurde, sind in SCHOTTE's Klassifikation teilweise mehrere Charakteristika in derselben Klassifizierungsabteilung und derselben Zeichenfolge untergebracht, woraus sich gewisse Missstände ergeben. Beurteilt man die Sache vom Gesamtstandpunkt der Klassifikation, so bemerkt man ausserdem, dass, wie oben erwähnt, eine solche Klassifikation nicht in befriedigender Weise die biologischen »Valenzunterschiede« der fraglichen Charakteristika und ihrer verschiedenen »Qualitäten« im Vergleich zueinander zum Ausdruck zu bringen vermag.

Es liegt nämlich zutage, dass im allgemeinen die verschiedenen Charakteristika nicht dieselbe Bedeutung für die biologische Beschreibung der inneren Struktur des Bestandes haben und dass es demnach auch falsch ist, dieselben nebeneinanderzustellen, als ob sie gleichwertig wären. Es ist im Gegenteil äusserst wichtig, wenn man ein richtiges Bild von der Bestandesstruktur erhalten will, zu konstatieren, welche Charakteristika am wichtigsten und der biologischen Differenzierungserscheinung ausgesetzt sind, und welche erst in zweiter Linie in Betracht zu ziehen sind.

[1] In dem Zusammenhang, in dem SCHOTTE seine ausführlichere Klassifikation mitgeteilt hat — in der Baumklassifikation beständiger Versuchsflächen —, kann eine sehr genaue Klassifizierung allgemeinen Charakters sehr wohl in Frage kommen. Nach Ansicht des Verf. ist jedoch die Art und Weise SCHOTTE's, die Klassifikation durch relativ schwach charakterisierte Zwischenklassen zu bereichern, nicht glücklich, — etwas wirklich Neues und Charakteristisches wird man bei einem derartigen Verfahren oftmals kaum erhalten. Anders gestaltet sich die Sache, wenn man die Hauptklassen nach den in ihnen eventuell enthaltenen charakteristischen Untertypenformen spaltet. Die Unterabteilungen vertreten dann wie die Hauptklassen tatsächlich biologische Typen, was bei den Zwischenklassen selten der Fall ist, und ebenso beschränkt sich dann die Hilfsklassifizierung nur auf die Hauptklassen, bei denen tatsächlich charakteristische »Spaltungsflächen« vorhanden sind. Anderswo scheint eine vermehrte Klassenbildung auch nicht notwendig zu sein. (Vgl. die weiteren Ausführungen.)

Bei Untersuchung der Differenzierungserscheinung in diesem Sinne kann man sogleich bemerken, dass die Charakteristika und deren verschiedene Qualitäten im wesentlichen in zwei, im Verhältnis zueinander merklich kontrastierende Gruppen zerfallen. Die eine von ihnen zeigt Charakteristikumqualitäten, die man im Walde überall beobachten kann, wo der Kampf zwischen den Baumindividuen überhaupt in Gang gekommen ist, die andere dagegen Varianten, die nicht als Allgemeinformen aus dem Kampf innerhalb des Bestandes und im allgemeinen nicht aus der gewöhnlichen Baumdifferenzierung resultieren, sondern nur mehr oder weniger sporadische Erscheinungen, Resultate im Kampfe hervorgetretener sekundärer Einflüsse oder Erscheinungen, Kalamitäten oder anderer Zufälligkeiten darstellen.

Diese beiden Gruppen sind selbstverständlich voneinander getrennt zu halten.

Mustert man jetzt in bezug hierauf diejenigen Baumklassencharakteristika durch, die früher aufgezählt worden sind, so wird deutlich, dass unter ihnen, abgesehen von der Höhe, nur der K r o n e eine solche bevorzugte Stellung zukommt, — aber auch von dieser können nicht alle Qualitäten in dieser primären »e c h t e n» Klassenabteilung berücksichtigt werden.

Die übrigen Baumklassencharakteristika, von denen vor allem der S t a m m und der G e s u n d h e i t s z u s t a n d des Baumes genannt seien, kommen bei dieser primären Entwicklungscharakterisierung nur in ihren Normalformen, somit in der Terminologie als g u t e r S t a m m, g e s u n d e r B a u m zur Vertretung —, Benennungen, die so zu verstehen sind, wie es die Akkommodierung an die verschiedenen Etagen und an die »echten» Kronenbeschaffenheiten nahelegt.

Die K r o n e hat schon in der früheren Darstellung eine vielseitige Behandlung erfahren. — Die biologische Kronenklassifikation soll in der Weise durchgeführt werden, dass sie den Kampf, als wesentliche Ursache der verschiedenen Kronenformen, im möglichsten Masse widerspiegelt, m. a. W. die Klassifikation der Bäume nach ihren Kronen soll in der Weise vor sich gehen, dass, bei einer möglichst guten Charakteristik der Krone selbst, auch die Ursache der Kronenform einen womöglich adäquaten Ausdruck erhält.

Danach ist der »regelmässige» Grundtypus, von dem die Entwicklung ausgeht, zuerst anzugeben, und dann stufenweise die Entwicklungs-

hauptformen, die die zunehmende Intensität des Kampfes zwischen den Bäumen hervorruft.

Unter Befolgung dieser Grundsätze ist bei der Klassifikation ohne Zweifel so zu verfahren, wie es die Einteilungen von Kraft, Haug und Schotte zeigen. Bei diesen tritt der durch den Kampf ums Dasein hervorgerufene natürliche Reduktionsprozess sehr klar hervor; man kann die auf ihnen fussende Klassifikation gleichzeitig übersichtlich und erschöpfend machen. Das Prinzip der Klassifikation wäre folgendes:

Einengung nicht in merklichem Masse vorhanden,
Die Krone einseitiger Klemmung,
» » zweiseitiger, entgegengesetzter Klemmung,
» » mehrseitiger Klemmung

ausgesetzt, wozu in den zwei letzterwähnten Fällen alsbald auch Druck von oben hinzutritt.

Dieses Klassifizierungsschema charakterisiert stufenweise die negative Entwicklung der Bäume bzw. deren Kronen bei zunehmender Bedrängung. Das letzte Resultat der Phasenfolge ist der Tod.

Haug und nach ihm Schotte haben in ihrer Kronenklassifikation die dritte und vierte Phasenform zu einer einzigen vereinigt. Dies ist zunächst vom Standpunkt der Kronenkonkurrenz insoweit motiviert, als es keinen grossen Unterschied machen dürfte, ob der Baum von zwei entgegengesetzten oder von mehreren Seiten eingeengt wird, — in beiden Fällen wird er, wenn nicht die Nachbarn zugrunde gehen, schliesslich ausscheiden. Zweitens wird eine Vereinigung dadurch nahegelegt, dass bei einer solchen Deformation, wie gesagt, über kurz oder lang der Oberdruck auf die Kronenspitze zur Hauptsache wird, wobei tatsächlich der Seitendruck seine primäre Bedeutung verliert. Drittens sind auch die theoretischen Formunterschiede der Kronen (flache oder nahezu gleichmässige Krone) nicht dauernd, da gerade der Oberdruck diesen durch seine eigene Deformation vermindert, ein Gesichtspunkt, der besonders in den unteren Etagen des Kronendaches von besonderer Bedeutung ist. — Was die praktische Seite der Sache betrifft (Durchforstungen), so dürften auch darin keine Hindernisse für die vorgeschlagene Vereinigung zutage treten.

Da eine möglichst einfache typische Klassifikation zu erstreben ist, in der nur die Hauptqualitäten der biologischen Differenzierung ihren Platz finden, so ist die erwähnte Einschränkung recht angebracht. Die echte Linie der Kronenklassifikation würde somit folgende Einteilung bilden:

a. Krone fast frei geformt; regelmässig.
b. Einseitig geklemmte Krone; mehr oder weniger »fahnenförmig».
c. Zwei- oder mehrseitig geklemmte oder von oben gepresste Krone; seitenflach, spulen-, kugel- oder peitschenförmig.

Soweit jedoch die Kronen s p e z i a l forschung eine genauere Einteilung verlangen würde, als das vorgeführte Allgemeinklassifizierungsschema darzubieten vermag, könnte man in erster Linie an einen Ausbau der c-Klasse denken, die bei Durchforstungen am ersten der Axt anheimfällt. Z. B. könnte dann etwa folgende c-Untervarianteneinteilung in Frage kommen:

α. Zweiseitige, entgegengesetzte Klemmung; Krone etwas abgeflacht;
β. schwächere mehrseitige Klemmung; Krone spulenförmig;
γ. kräftige mehrseitige Klemmung; Krone quastenförmig (»Peitscher»);
δ. übermächtige Klemmung und Druck; Krone besonders schwach, Baum im Absterben.

Mehrseitige Klemmung oder kräftiger Oberdruck können übrigens in einigen Fällen eine Form bewirken, die »fahnenförmig» ist und an die b-Klasse der Haupteinteilung erinnert. Die Gipfeldeformation oder die relative Unbedeutendheit der Krone sind jedoch dann die primärsten Merkmale der qualitativen Unterscheidung, so dass die Unterbringung des Baumes im Schema keine Schwierigkeiten bereitet. Ebensowenig dürfte die Formähnlichkeit, die bei gewissen Individuen der γ-Variante der c-Klasse mit der Krone der a-Klasse zu bemerken ist, Bedenken hinsichtlich der Klassifizierung aufkommen lassen. Auch hier entscheiden nämlich die Gipfeldeformation und der merkliche durchschnittliche Grössenunterschied der Krone die Einrangierung der Bäume mit Sicherheit.

Ausser dieser »echten» Reihe der Entwicklungsstufen ist hinsichtlich der Kronendifferenzierung noch eine, wenn man so sagen darf, »u n e c h t e» Stufe, nämlich die ü b e r n o r m a l e r w e i t e r t e K r o n e, anzuführen. Ein Baum mit einer solchen Krone heisst gewöhnlich »Wolf».

Der Ursachen, derentwegen es angebracht sein kann, die Wolfsbäume von der obenerwähnten Linie der »normalkronigen» Bäume abzutrennen und sie in einer speziellen Gruppe der »unechten» Klassen unterzubringen, sind es mehrere.

Dass zunächst die Wölfe eine Sonderstellung verdienen, beruht darauf, dass sie nicht mit dem »gewöhnlichen» Baumtyp zusammenpassen, sondern den Kampf durch die Übermacht ihrer grösseren Krone meist ein-

seitig zu ihrem Vorteil und auf Kosten der Nachbarn entscheiden. Wo die Wölfe im Bestande auftreten, läuft der Kampf nicht mehr normal ab, — im normalen inneren Entwicklungsgang treten Störungen auf, und die innere Struktur des Bestandes nimmt eine vom Normalen abweichende Beschaffenheit an. Derartige Individuen verdienen daher sehr wohl eine spezielle Beachtung und haben dieselbe auch zu allen Zeiten des geregelten Waldbaus gefunden. (Vgl. besonders KRAFT 1891.)

Zweitens wird die Einordnung dieser Bäume in eine unechte Gruppe gerade durch deren »unechten« Charakter motiviert, der nicht dem sich normal entwickelnden Kampfe eigen ist, sondern daher stammt, dass die fraglichen Bäume im Vergleich zu den übrigen den Bestand bildenden Baumindividuen entweder von höherem Alter sind, sich auf einem weiteren Raume entwickelt haben oder erblich hinsichtlich ihrer Entwicklung abweichen. Auch sind ja diese Bäume durchaus keine konstanten Erscheinungen im Bestand, sondern fehlen oft, besonders bei vollbestockten gleichaltrigen Beständen. — Deren Zusammenstellung mit den »echten« Konkurrenzqualitäten wäre somit nach all dem Gesagten nicht angebracht.

Die von diesen Baumqualitäten gebildete Linie wird hier als »Linie der übernormal erweiterten Krone« bezeichnet. Diese Linie soll die erste der unechten Klassengruppe in der aufzustellenden Klassifikation bilden. — Ausser ihrer Krone nach sind die Bäume dieser Linie durchschnittlich auch ihrem Stamme nach kräftiger entwickelt als die anderen Bäume, besonders was den Durchmesser betrifft, aber in der herrschenden Etage bisweilen auch einigermassen hinsichtlich der Höhe. Solche »überlange« Bäume werden oft »vorherrschende«, »prädominierende« Stämme, »Vorwüchse« genannt.[1]

Die übernormal erweiterte Krone kann natürlich teilweise ähnliche Deformationen b und c wie die normale zeigen.[2] Eine andere Sache ist es, ob im allgemeinen Anlass vorliegt, diese Formen für sich in dieser Linie zu berücksichtigen, in der die Individuenzahl meist relativ klein sein wird und die Empfindlichkeit der Deformationen auch nicht so gross ist wie beim normalen Baum. Im allgemeinen liegt keiner vor, und dieser Sachverhalt ist denn auch gerade geeignet, die Klassifizierung merklich zu erleichtern. Dagegen ist die Bezeichnungsweise so zu regeln, dass

[1] Für überlange Bäume (förhärskande träd) verwendet SCHOTTE das Zeichen 1 + (1923 a, S. 6).

[2] Was die c-Form anbelangt, kann aus natürlichen Gründen, wie schon erwähnt, in der Hauptsache nur eine einigermassen abgeflachte Form in Frage kommen. (Vgl. S. 35.)

die Entwicklungsklassifizierung auch in betreff der Wölfe ermöglicht wird, wenn sie von der Spezialforschung eventuell gefordert wird. Dies geschieht also mit einer eigenen freien Linie sowie ebensolchem Zeichen. [1] —

Andere Kronenqualitäten als die jetzt erwähnten, die den innerbestandlichen Konkurrenzkampf sachlich eventuell noch anders hätten gestalten können, hier noch zu behandeln erübrigt sich. So ist in Finnland z. B. kaum mitteleuropäisches Saatgut verwendet worden, wie z. B. in Südschweden und Dänemark, weshalb die bei Individuen aus demselben vertretene breite, auch im geschlossenen Bestand etwas pinienartige Krone bei uns nicht vorkommt. Ebensowenig braucht man KIENITZ' früher erwähnte zahlreiche verschiedene Kieferntypen in dem Untersuchungsgebiete, den Kiefernbeständen des eigentlichen finnischen Waldgebietes, zu suchen. Auch die übrigen Seltenheiten kommen hier nicht in Frage.

Weiter ist es nicht besonders angezeigt, lediglich die Grösse charakterisierende Kronenhilfslinien aufzustellen, da die Höhen-Kronenkombination 4×3 auch die Charakterisierung einer bedeutenden Grössendifferenzierung ermöglicht.

Unter diesen Umständen wird sich somit in der vorerwähnten sog. echten Qualitätsgruppe nur eine Charakteristikumqualität finden, die mit Klassenwechsel auftritt, so dass sich die echte Baumgruppierung auf eine einlinige Klassifikation beschränkt. Diese wird folgendermassen definiert: Entwicklungslinie a-b-c der normalgrossen Krone des gutstämmigen gesunden Baumes.

Wie die Klassifikation weiterhin fortzusetzen ist, ist klar. — Auf die Krone folgt die Stammqualität, und da deren Normalbeschaffenheit — guter Stamm — in der echten Gruppe erwähnt wurde, ist nur noch das Charakteristikum defekter Stamm zu behandeln.

Da der defekte Stamm offenbar kein eigentliches Resultat des Konkurrenzkampfes im Bestand ist, sondern im Gegenteil von recht zufälligen Ursachen abhängt, ist es natürlich, dass er in Verbindung mit jeder beliebigen Kronenqualität auftreten kann. Dieses Charakteristikum muss somit, wie erwähnt, seine freie Linie erhalten, in der es die anderen Linien durchbrechen kann. Diese Linie ist natürlich in der unechten Klassengruppe unterzubringen, und sie wird so zur zweiten Linie dieser Gruppe.

[1] Die Unterscheidung von »besserem« und »schlechterem« Wolfstyp wird etwas weiter unten klargelegt.

Mit Hilfe dieser Linie kann man auch am einfachsten den »schlechteren Wolfstyp» («räkämänty») vom gewöhnlichen »besseren Wolf» («hyötömänty») unterscheiden. Durch Zufügung des Zeichens für den defekten (schlechten) Stamm zum Zeichen für die übernormal erweiterte Krone erhält man diese Baumqualität. Allgemein wird auch dieser Baum als schlechter Wolfstyp bezeichnet (z. B. Schotte, sowie Lakari in der deutschen Übersetzung seines Werkes).

Übrigens kann das Fehlercharakteristikum — nach der speziellen Beschaffenheit des Fehlers — bisweilen gewissermassen auch eine weitere Kronenqualität charakterisieren, z. B. Gabelstamm, Gabelwipfel, Trockenwipfel usw. Dies braucht jedoch keinen Anlass zur Aufstellung besonderer neuer »Kronenfehlerklassen» zu geben, sondern diese Qualitäten werden nur als Unterklassen der Linie des defekten Stammes geführt, wenn eine grössere Klassifizierungsgenauigkeit in dieser Beziehung erforderlich ist. [1]

Der jeweilige Untersuchungszweck mag dann entscheiden, in welcher Weise sich diese Linie zu anderen Linien und bezüglich ihrer eigenen Analyse verhalten soll. [2]

[1] »Defekter Stamm» und »defekte Krone» können nämlich in der vorliegenden Hinsicht nicht als eigentlich getrennte Charakteristika angesehen werden, weil die defekte Krone in diesem Falle tatsächlich aus einem Stammfehler resultiert, da sich ja der Stamm bis zur Baumspitze erstreckt. — Anders gestaltet sich die Sache natürlich dann, wenn es sich bei der Fehler- bzw. Krankheits-S p e z i a l klassifikation auch um Ast-, Nadel-, Zapfen- u. dgl. Fehler und Krankheiten handelt. Diese Defekte werden, soweit sie nicht zur echten Entwicklungsklassifikation gehören (naturgemäss enthalten nämlich die b- und c-Klassen bedeutende Kronenfehler in den Klassencharakterisierungen, ein Umstand, der bewirkt, dass die Unterscheidung noch einer besonderen Fehlerkrone zu einer Begriffsvermengung und zu doppelter Klassifizierung desselben Fehlers führen kann), in den Unterabteilungen der Krankheitslinie aufgeführt.

Wenn jedoch speziell Schnee- oder Windbrüche auf den Gebieten untersucht werden, auf denen sie bedeutender sind, kann es vielleicht angebracht sein, auch eine besondere »Kronenfehlerlinie» aufzustellen. Dies gehört jedoch schon eher zum Gebiete der Spezialklassifikationen, auf dem sich noch vielerlei andere freie Linien finden und bilden lassen.

[2] Was die Benennung »Stammform» anbelangt, die man in dem erwähnten Zusammenhang oft verwendet sieht, so ist sie nach der Meinung des Verf. nicht recht am Platze. Das Wort Form hat nämlich in der Forstabschätzung eine ganz bestimmte Bedeutung erhalten, die mit der hier gewöhnlich gemeinten Stammqualifikation nicht identisch ist. Form zielt auf die Charakterisierung der relativen Vollholzigkeit, während dann, wenn Höhe und Krone hier schon vorher charakterisiert worden sind (bekanntlich die Hauptfaktoren der relativen Vollholzigkeit, — natürlich abgesehen

Eine dritte Linie in der Gruppe der unechten Klassen bilden in entsprechender Weise die k r a n k e n Bäume.

Auf eine Charakterisierung der Stammfehler und der Krankheitsursachen an sich wie auch auf die gegenseitigen Beziehungen dieser beiden Charakteristika liegt natürlich kein Anlass vor hier näher einzugehen. Diese Charakteristika erhalten ihre e i g e n e n f r e i e n L i n i e n, in deren Rahmen die Untersuchung dann ganz beliebig gestaltet werden kann.

Zum Schluss sei noch die Klasse der i m S t e h e n a b g e s t o r b e n e n Bäume genannt.

Die T o d e s f ä l l e im Bestand kann man gewissermassen in zwei Klassen einordnen, — nämlich solche, die sich direkt aus dem Kampfe zwischen den Bäumen ergeben, mithin Ergebnisse einer negativen Differenzierung sind, also äusserste Entwicklungsstufen der Höhen- und der »echten» Kroneneinteilung, — und zweitens Fälle, die von diesem Kampfe unabhängig sind, äusserste Konsequenzen zufälliger Krankheit oder eines »Unfalls», also Fälle, die man in allen Höhen- und Kronenklassen beobachten kann.

Bei einer genauen Untersuchung der Todesfälle wäre es vielleicht angebracht, die Fälle ausser in einer sekundären Gruppe von Krankheits- und Unfallsursachen auch in einer primären Abteilung von der hier erwähnten Art unterzubringen. Bei der jetzt in Frage stehenden Allgemeinklassifikation dürfte jedoch eine solche genaue Einteilung nicht nötig sein, sondern man dürfte die abgestorbenen Bäume nur als eine einzige Gruppe zu erwähnen brauchen. Damit jedoch die Klassifikation auch eine genauere Einteilung ermöglicht (die Bezeichnungen der Abgänge nach den Etagen, echten und unechten Baumklassen, zwecks einer genauen Abgangs-Qualitätsstatistik), ist es geboten, aus diesen Bäumen eine eigene Linie, noch lieber eine eigene G r u p p e zu bilden,

---

von Holzart, Standort, usw.) und ebenso der gute und der gesunde Stamm ihren Platz in der Klassifikation gefunden haben (z. B. in der echten Klassengruppe des Verf.), nur noch von der Defektqualifikation des Stammes die Rede ist (die rein technischen Sortimentsqualitäten werden hier nicht in Betracht gezogen) und nicht von der Formqualifikation. — Was übrigens die Behandlung des Formcharakteristikums hier anbelangt, siehe oben S. 40.

Vgl. in diesem Zusammenhang die Äusserung über HECK's Nebenklassifikation (S. 38). Übrigens sei auch erwähnt, dass HECK den ursprünglichen Namen »Schaftklasse» (1898) seines Klassifizierungscharakteristikums später in »Schaftformklasse» (1904 etc.) umgeändert hat. Gemäss der obigen Darlegung und HECK's Klassifizierungsschema wäre die Benennung »Schaftqualitätsklasse» vielleicht angemessener gewesen.

somit die dritte in der Reihe. Diese eigene Gruppe ist um so mehr motiviert, als man die abgestorbenen Bäume ebenfalls als Abgänge aus dem Bestande bezeichnen muss, wenn man unter »Bestand», wie üblich, nur lebende Individuen versteht. Die Gruppe könnte dann eventuell den Namen »Aussengruppe» führen. —

Mehrere frühere Klassifikatoren haben die absterbenden Bäume mit den abgestorbenen zusammengestellt, — so auch gewissermassen Schotte in seiner ausführlicheren Klassifikation.

Nach der Ansicht des Verf. ist ein solches Verfahren nicht ganz sachgemäss. Zwischen lebenden und abgestorbenen Bäumen muss scharf geschieden werden, wie es auch biologisch der Fall ist. — Auch darüber bestehen keine Zweifel, wohin die absterbenden Bäume gehören. Dies ist schon aus den bisherigen Darlegungen klar geworden. Diese Bäume gehören je nach den Umständen entweder zur Kronen-c-Klasse (vor allem zur Unterklasse δ in der vierten Etage; — seltener zu den a- und den b-Klassen), oder auch in die Linien der kranken und beschädigten in irgendeiner Kronenklasse und Etage. Somit liegt kein Anlass vor, die absterbenden Bäume als besondere Klasse in anderer Weise zu sondern denn als Unterklassen der erwähnten Klassen, wenn nämlich solche genauere Unterabteilungen wegen eines besonderen Zwecks sich als nötig erweisen sollten. In diesem Zusammenhang mag dann auch gemäss dem Zwecke der Untersuchung bestimmt werden, welche absterbenden Bäume jeweils zur einen, welche zur anderen der erwähnten Hauptklassen gehören.

* * *

Die erwähnten freien Linien (bzw. Gruppen): die Höhe als Hauptlinie; die allgemeinen Kronenqualitäten mit normaler Kronengrösse, Stamm und Gesundheit als echte Klassenlinie; übernormale Kronengrösse, defekter Stamm und kranker Baum als unechte Klassenlinien; sowie der abgestorbene Baum als Aussenlinie —, bilden in dem jetzt entwickelten System eine Baumklassengesamtheit, in der die sachliche Kombinationsmöglichkeit verwirklicht ist, wobei gleichzeitig die Linien auf verschiedenen Bedeutungsniveaus stehen. Ebenso passt sich die Gruppierung elastisch verschiedenartigen Genauigkeitsanforderungen an, indem Spezialklassifikationen frei und konsequent auf jeder beliebigen Linie ausgebaut werden können. Die Klassenbe-

zeichnung kann demgemäss ohne Schwierigkeiten eingeschränkt bzw. ausgebaut werden.[1]

Nach diesen Klassifizierungsgrundsätzen hat Verfasser ein Einteilungsschema aufgestellt, das sich mit seinen Bezeichnungen folgendermassen ausnimmt:

Biologische Baumklassifikation des gleichaltrigen Bestandes.

Bestand.
- I. Herrschender Teilbestand.
  - 1. Etage; herrschende Stämme.
  - 2. » ; mitherrsch. » .
- II. Beherrschter Teilbestand.
  - 3. » ; beherrschte » .
  - 4. » ; unterdrückte » .

[2]

Echte Baumklassen: Normale Kronengrösse, guter Stamm, gesunder Baum.

A. Grundzeichen der Kronenentwicklung innerhalb der Etagen.

a.	b.	c.
Krone fast frei geformt; regelmässig.	Einseitig geklemmte Krone; mehr oder weniger »fahnenförmig».	Zwei- oder mehrseitig geklemmte oder von oben gepresste Krone; seitenflach, spulen-, kugel- oder peitschenförmig.

Unechte Baumklassen. (*Freie Linien.*)

B. Klassennebenzeichen.

Übernormal erweiterte Krone; »Wolf».	Defekter Stamm.	Kranker Baum.

Abgestorbene Bäume.

C. Abgangszeichen.

[1] In ihrer endgültigen Form dürfte die hier entwickelte Baumklassifikation im allgemeinen für alle gewöhnlichen Waldholzarten genügen.

[2] Den vier Etagen könnte man auch vielleicht folgende Benennungen geben: Ober- (Herrscher-), Vasallen-, Unter- und Grundbäume. — Auch diese Benennungsformen werden hier aus praktischen Gründen, parallel mit den obenerwähnten angewandt.

Zeichenbeispiele:

Best. = I + II	1A = 1a + 1b + 1c
I = 1 + 2	
1 = 1A + 1B	1' = 1A' + 1A'× + 1A' + 1A'×
1A = 1a + 1b + 1c	1× = 1A× + 1A'× + 1A× + 1A'×
1B = 1 + 1' + 1×	1'× = 1' + 1×
A = Best. A	
B = » B	C = Best. C = I† + II†
a = » a	I† = 1† + 2†
1 = 1A + 1A' + 1A× + 1A'×	usw.

Die Klassifizierung und Bezeichnung des Baumes ist also, wie aus der Klassenanordnung und Zeichenerklärung ersichtlich ist, nach der Gewichtsfolge der verwendeten biologischen Charakteristika vorzunehmen. An der Bildung der jeweiligen inneren Strukturform des Bestandes sind alle Bäume beteiligt, unabhängig davon, ob sie gute oder defekte Stämme haben, gesund oder krank sind. Der Entwicklungsstand, den das Individuum zeigt, ist deshalb zuerst anzugeben, und zwar geschieht dies durch die Bezeichnungen der Etagen und die der echten Kronenlinie.

Erst nach diesen beiden primären Entwicklungsschätzungen wird taxiert, ob der Baum eventuell auch noch die Nebenzeichen einer übernormal erweiterten Krone, eines defekten Stammes oder einer Krankheitsursache zu bekommen hat, — sowie je nach Beschaffenheit einer eventuellen Spezialklassifikation, welche verschiedenen Defekte und Krankheiten bei dieser Bezeichnung in Betracht zu ziehen sind.[1] — Ein abgestorbener Baum schliesslich erhält noch ein Kreuz ausser den anderen Zeichen. —

Wie ersichtlich, hindert nichts an einem noch so umfangreichen Ausbau der Baumklassifikationen. Die Schwierigkeit besteht jedoch, wie

[1] Hier ist kein Anlass, Vorschläge über die Verwendung der verschiedenartigen Zeichen bei der eventuellen Unterklassifikation der unechten Linien zu machen. Das Nebenzeichensystem ist von der Beschaffenheit und dem Umfang der in Frage kommenden Spezialklassifikation abhängig, so dass es demnach in jedem Einzelfalle besonders zu bestimmen ist. — Bei der spezialisierten Fehler- und Krankheitsuntersuchung kann es vorteilhaft sein, die echte Entwicklungsqualifizierung der Bäume auch deshalb zu kennen, weil zwischen Entwicklungs- und Defekt-, bzw. Krankheitsqualität leicht eine bedeutsame Korrelation auftreten kann.

schon mehrfach erwähnt, tatsächlich darin, wie für die Praxis eine einfache, aber gleichzeitig biologisch zufriedenstellende vollständige und sachliche Klassifikation erhältlich ist. In dieser Beziehung bietet das vorgeführte Klassifikationsschema die Möglichkeit zur Bildung z. B. der folgenden, höchst einfachen, gleichzeitig aber vollständigen Klassifikation:

Zehnklassige Einteilung:

3 echte Klassen in beiden Teilbeständen [(I, II) (a, b, c)],
1 unechte Klasse der übernormal erweiterten Krone nur in dem ersten Teilbestand [I],
1 Gesamtklasse für defekte Stämme und kranke Bäume, gesondert für beide Teilbestände [$I'^{\times}$, $II'^{\times}$],
1 Klasse der abgestorbenen Bäume in bezug auf den ganzen Bestand [C].
Insgesamt: $2 \times 3 + 1 + 2 + 1 = 10$ Klassen.

Diese Einschränkung umfasst immer noch alle Baumklassen. Die Verminderung hat auch nicht die echten Klassen betroffen, die besonders im normalen Naturwald oder im gepflegten Wirtschaftswald die überwiegende Mehrheit bilden. Die Genauigkeit, mit der die unechten Klassen behandelt werden, ist mithin bei der Allgemeinklassifikation eine Frage zweiten Ranges, so dass die obige Klassifikation in diesem Punkte durch die vorgenommene Einschränkung an Gültigkeit nicht erwähnenswert eingebüsst hat. Was schliesslich den Umstand anbelangt, dass bei der Höhencharakterisierung nur eine Zweiteilung vorgenommen ist, so ist die Reduktion der Stufen hier gewissermassen am schwerwiegendsten. Aus der Untersuchung selbst wird aber hervorgehen, dass auch diese Reduktion nicht so bedeutsam ist, als es vielleicht scheinen möchte. Die Höhenzweiteilung bietet in mehrerer Hinsicht eine sehr befriedigende Genauigkeit. —

Schliesslich sei noch ein Vergleich der Klassifikation des Verfassers mit der von SCHOTTE 1912 vorgeführten Klassifikation vorgelegt, soweit es sich mit Hilfe der Klassenzeichen auf einfachste Weise ermöglicht.

Verfasser.	Schotte.
Bestand:	
Teilbestände:	
I	
Etagen:	**Kronenschichten:**
1	1
2	2
II	
3	3
4	4
Baumklassen:	
Echte: A	
a	»rein« (v)
b	a
c	d
Unechte: B (Freie Linien.)	
⌣	b
,	c
×	e
Abgestorbene Bäume: C	
†	f

* * *

Was zuletzt die speziellen Beziehungen zwischen der hier aufgestellten biologischen und einer auf den Nützlichkeitsbegriff gegründeten »wirtschaftlichen« Baumklassifikation in der Durchforstungstätigkeit anbelangt, am nächsten hinsichtlich der Beurteilung des gegenseitigen Verhaltens einerseits zwischen dem Haupt- (bzw. Abtriebs-) und dem Nebenbestand (bzw. Füllbestand) und andrerseits der Fällung und der verschiedenartigen Quetschung der jeweils in Frage kommenden Baumindividuen, so wird darüber — zu dem, was weiter unten in der Sache vorläufig vorgebracht ist — in einem, auf die vorliegende Untersuchung sich stützenden weiteren Aufsatz näher berichtet werden.

Frühere Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung der Waldbestände.

Die Bedeutung einer sachgemässen Klassifikation der Bäume des Bestandes tritt nicht klar hervor, wenn die Klassifikation nur für einmalige Durchforstungen benutzt wird. Erst wenn man die Bäume von Zeit zu Zeit wiederholt nach demselben Prinzip klassifiziert und diese nacheinander gemachten Aufnahmen vergleichend untersucht, kann man zuverlässige Aufschlüsse über die innere Entwicklung des Bestandes sowohl in biologischer als wirtschaftlicher Hinsicht gewinnen. (Vgl. neuerdings Hilf 1925.)

Durchaus nicht alle hier früher erwähnten Baumklassifikatoren haben ihre Klassifizierungsschemata bei derartigen Untersuchungen angewandt. Einige Angaben finden sich jedoch von diesem Gebiete. Über wichtigere derartige Untersuchungen soll im folgenden berichtet werden.

Burckhardt, der zweite der Klassifikatoren, ist der erste, der die Entwicklung gewisser Charakteristika in bezug auf die Baumklassen untersucht hat. Wie schon oben erwähnt (S. 7), hat er diese Untersuchungen nicht selbst veröffentlicht, sondern es finden sich nur in den Aufzeichnungen seiner Schüler Erwähnungen davon (Barkhausen 1888). Als Gegenstand der Untersuchungen Burckhardt's dürften die Stammzahlen und Stammstärken gedient haben. Nähere Nachrichten darüber besitzen wir nicht.

1884 veröffentlichte Kraft im selben Zusammenhang, in dem er seine Baumklassifikation vorführt, eine Reihe Zahlenangaben über den prozentualen Grundflächenanteil der verschiedenen Baumklassen an der Gesamtgrundfläche des Bestandes. Kiefer, Eiche und Fichte sind da vertreten (S. 24 ff. und 137 ff.). Diese Zahlen beziehen sich auf recht isolierte Fälle, so dass Kraft zu keinen einheitlichen Reihen kommen konnte. Sein relativ geringes Material schwankt nämlich ausser in Holz-

art, Bonität des Waldbodens und Alter des Bestandes auch hinsichtlich der Waldbehandlungsweise in dem Masse, dass es keine zufriedenstellende Grundlage für eine durchgehende Klassenentwicklungsuntersuchung liefern konnte. Dazu kommt noch der Missstand, dass das Material von mehreren Personen gesammelt worden ist, was bei der Art der Klassifikation KRAFT's der Untersuchung nicht zum Vorteil gereicht hat. (Vgl. KRAFT 1884, S. 36.) Auf Grund seines Materials hat jedoch KRAFT die Durchforstungsfrage recht ausführlich behandelt.

KRAFT's wichtigstes Untersuchungsergebnis ist folgende, die prozentuale Grundflächenfrequenz anzeigende Tabelle (durchforstete Kiefernbestände mittlerer Bonität, Alter nicht erwähnt, S. 24):

Stammklassen:	Stammgrundflächenprozente:
1	0—12,
2	35—45,
3	25—35,
4a	10—15,
4b	2—10,
5	0—8.

KRAFT's Klassifikation ist später Gegenstand erneuter Untersuchungen über die Bestandesentwicklung gewesen. So hat z. B. WEISE (1893), vor allem mit dem Beistand METZGER's, in zwei geschlossenen Fichtenbeständen (35 und ca. 50 J.) einige kleinere Untersuchungen über die Massenfrequenz und den Massenzuwachsanteil der KRAFT'schen Klassen im Hinblick auf die Masse und den Massenzuwachs des ganzen Bestandes angestellt. Als Hauptergebnis von WEISE's Untersuchung in der fraglichen Beziehung dürfte man seine Schlussfolgerung anführen können (S. 13):

»Es betheiligen sich die stärkeren Stammklassen am Gesammtzuwachs mindestens mit dem Prozentsatz, den sie bereits an der Gesammtmasse erworben haben, die geringeren Klassen aber nicht einmal mehr mit dem für sie ohnehin schon geringen Betrage, den sie an der ganzen Masse haben.»[1]

KRAFT's Klassifikation hat auch HAUG (1897) bei seinen Durchforstungsuntersuchungen in Fichtenbeständen angewandt. HAUG hat

[1] Zu diesem Ergebnis legt WEISE schon in seiner früheren Untersuchung über das Verhältnis von Bestockung und Zuwachs eines Bestandes den Grund (1889).

Was die Beziehungen zwischen den von WEISE verwendeten biologischen und mechanischen Klassifikationen anbelangt, wird darauf am Schluss dieses Kapitels im Zusammenhang mit anderen ähnlichen Fällen eingegangen werden.

seine Versuchsbestände zweimal, mit 5-jähriger Zwischenzeit, untersucht, und er veröffentlicht auf Grund davon Zahlen über Stammzahlen-, Grundflächen- und Kubikbetrag in den einzelnen Klassen und Klassengruppen wie auch über mittlere Durchmesser und Höhen. Seine Versuche sind jedoch an Zahl relativ gering und bezwecken als solche auch keine nähere Klarlegung einheitlicher, längerer Entwicklungsperioden.

Weiterhin hat JAPING unter METZGER's Anleitung Baumklassenzuwachsuntersuchungen auf Grund von KRAFT's Klassifikation (1911) vorgenommen. JAPING hat seine Versuche in einem Fichtenbestand von 0,4 ha während einer 10-jährigen Periode angestellt, indem er die Bäume zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Periode klassifizierte und mass. Er führt in seiner Untersuchung eine Reihe interessanter Resultate vor, von denen die wichtigsten in der vergleichenden Betrachtung der biologischen und mechanischen Baumklassifikation weiter unten erwähnt werden.

Mit seinen Schaftklassen bereichert, hat HECK (1898, 1904, 1909) KRAFT's Baumklassen in teilweise gleichartigen Untersuchungen wie JAPING zugrunde gelegt. Vor allem war die Rotbuche (zwei Versuchsflächen von ca. $^1/_4$ ha) HECK's Untersuchungsobjekt, und seine Untersuchungszeit betrug 10 Jahre. Als Ergebnisse werden vor allem Zahlen über den Grundflächenzuwachs und den »Klassenumtrieb», sowie daneben auch gewisse Höhen-, Durchmesser- und Volumzuwachsangaben dargeboten. — Auch diese Versuche sind relativ wenig zahlreich, obwohl die auf sie gegründeten Zahlentabellen sehr umfangreich sind, — übrigens ein Zeichen für die grosse Arbeit, die eine solche Untersuchung selbst in engem Rahmen erfordert.

Später hat HECK diese Untersuchungen fortgesetzt und erweitert. Seine Beobachtungen gehen jetzt schon auf ein Zeitintervall von mehr als einem Vierteljahrhundert. Die Versuchsflächen betreffen auch mehrere Holzarten. Vollständigere normalisierte holzart- und standortsgemässe Wuchsreihen hat er jedoch noch nicht erhalten. (Vgl. z. B. 1922, 1924—1925, 1925.)

1903 veröffentlichte FLURY in seiner umfassenden Untersuchung über Durchforstungen mehrere Tabellen über Klassenverteilung und -»umtrieb» der Bäume sowie über den Grundflächenzuwachs und die Durchmesserverteilung der Baumklassen (S. 46—56; 124—127—. Tab. IV—V— ; XVIII—XIX). Die Untersuchungen umspannen auch in diesem Falle ein relativ kurzes Zeitintervall. Die Baumklassifikation ist die oben-

erwähnte Schweizerische, bei der jedoch Flury gemäss seinem Forschungszweck Hauptbestand und Nebenbestand voneinander unterscheidet, indem er mit letzterem die bei der Durchforstung entfernten Bäume meint, die, wie die Tabellen zeigen, in gewissen Fällen auch mitherrschende Stämme umfassen (S. 4, Tafel 1[a] ff.; unter Berücksichtigung auch von Wölfen, schadhaften und kranken Bäumen, enthält Flury's Nebenbestand auch herrschende Bäume, S. 5). — Neben dieser biologischen Baumklassenuntersuchung führt Flury vergleichende Grundflächenzuwachsuntersuchungen für die Bestände auch auf Grund mechanischer Durchmesserklassifikation vor (S. 112 ff.).

Schotte hat im selben Zusammenhang, in dem er seine Baumklassifikation mitteilt, auch gewisse Stammverteilungen, einerseits auf Grund seiner biologischen Klassifikation, andrerseits auf Grund des Brusthöhendurchmessers und der Grundfläche veröffentlicht (1912, S. 262 ff.). Später hat er in mehreren Publikationen verschiedene Zahlenangaben über die Bedeutung seiner Baumklassen bei Untersuchung verschiedener Bestandescharakteristika vorgeführt. Von den Ergebnissen seien z. B. genannt die Taxierungstabellen über drei Durchforstungsversuchsflächen der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens, die teilweise nach Kronenschichten, teilweise auch nach Baumklassen geordnet sind (Stammzahl, mittlere Höhe, mittlerer Durchmesser, mittlere Formzahl, Grundfläche, Rinde, mittleres Volumen; 1913, S. 188 ff.), sowie ähnliche Angaben von gewissen anderen Versuchsflächen der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens (Skogsförsöksanstaltens exkursionsledare I—IX, 1920—1924). Ebenso hat er seine Klassifikation bei einer Spezialuntersuchung über die Lärche angewandt (1916—1917, S. 609 ff.).

Schotte's Klassifikation haben auch andere Forscher bei ihren Untersuchungen benutzt. So hat z. B. Heikinheimo eine ganze Reihe verdienstvoller Stammverteilungs- (hinsichtlich Anzahl und Brusthöhendurchmesser) und Stammformuntersuchungen in Brandkulturwäldern (1915, S. 203—246; Beilage V, S. 146—149) auf Grund dieser Baumklassifikation ausgeführt.

Im obenerwähnten Zusammenhang hat Heikinheimo auch seine eigene, von der Kraft'schen abgeleitete Klassifikation (hie und da auf den obenangeführten Seiten) verwendet. In anderen Untersuchungen hat er die Klassifikation für Schneeschadengebiete herangezogen, indem er auch hier eine grosse Menge Tabellen mitteilt, die in interessanter Weise den Bau der nordfinnischen Fichtenbestände in bezug auf die Baumklassen klarlegen und veranschaulichen (1920 a, z. B. S. 5, 62, 82 ff.;

1920 b, z. B. S. 84 ff., 100 ff.; 1922, z. B. S. 25 ff., 41 ff., 67 ff.). Da sie sich auf ganz spezielle Waldverhältnisse beziehen, dürfte es nicht nötig sein, hier näher auf sie einzugehen.

In seiner 1920 (b) veröffentlichten Untersuchung über die Kiefernform hat LAKARI im Zusammenhang mit seinem eigenen Baumklassifizierungsverfahren verschiedene Ergebnisse über Bestandesstrukturuntersuchungen vorgelegt. Da LAKARI's Untersuchungen vor allem in nordfinnischen Wäldern vorgenommen sind und da seine Statistik in verschiedenartigen Beständen und teils nach dem Linientaxierungsverfahren gesammelt ist, sind auch LAKARI's Ergebnisse nicht völlig mit denen der vorliegenden Untersuchung vergleichbar. (Siehe jedoch weiter unten.)

Abgesehen von den referierten, auf eigentlichen Baumklassifikationen fussenden Untersuchungen sind die Verhältnisse zwischen dem bei den Durchforstungen ausgeschiedenen Bestandesteil und dem bleibenden Bestand speziell studiert worden. So sind u. a. recht viele Aufsteller von Zuwachstabellen verfahren. (Vgl. die Zuwachstabellen z. B. nach GANGHOFER 1881, S. 369—384, — MÜLLER 1923, S. 394—398, — FLURY 1907, S. 5—10, — MAASS 1911 b, S. 198—199, und Y. ILVESSALO 1920 b, S. 1 ff.) FLURY's diesbezügliches Verfahren ist hier schon oben erwähnt worden (S. 60—61). Besonders befürwortet auch HAUG (1899, S. 12) eine solche Untersuchungsmethode. — Auch Bedeutung und Einfluss der natürlichen Auslichtung auf die Charakteristika des Bestandes sind untersucht worden. Schon mehrere der obenerwähnten Klassifikatoren haben hierauf hingewiesen, andere Untersuchungen werden später zu referieren sein. —

Von gewissen anderen derartigen Untersuchungen seien noch folgende erwähnt.

R. HARTIG (z. B. 1871) hat Stärkenzuwachsuntersuchungen sowohl an freigewachsenen als an herrschenden und beherrschten Bestandesbaumindividuen angestellt. Als wichtigstes Ergebnis dieser Untersuchungen sei das bekannte Verhalten erwähnt, dass die Grundflächen sowohl von freigewachsenen wie von herrschenden Baumindividuen mit einer bemerkenswerten Regelmässigkeit nach einer einfachen Multiplenreihe sich vergrössern. — HARTIG's Ergebnisse hat besonders R. WEBER (z. B. 1891, S. 164 ff.) später zu eigenen spekulativen Untersuchungen verwendet.

BLOMQVIST hat Längenuntersuchungen in verschiedenen Teilen Finnlands hinsichtlich der »längsten» Bäume gleichaltriger geschlossener Bestände vorgenommen, wobei er sich ebenfalls auf keine bestimmte Baum-

klassifikation oder Definition stützte. Leider gehen die Untersuchungen auf Mittelwerte von verschiedenen Vegetationstypen aus. (Kiefer 1881, S. 23 ff.; Fichte 1883, S. 31 ff.; Birke, handschriftlich.) — Einige andere, denselben Gegenstand betreffende Untersuchungen werden weiter unten in anderem Zusammenhang erwähnt.

Schwarz hat in seiner grossen Arbeit »Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris» eine Baumklassenbezeichnung für jeden untersuchten Baum angeführt (1899, S. 7 ff.). In derselben Weise ist z. B. Kolmodin verfahren, als er besonders den Einfluss der Temperaturverhältnisse auf den Kiefernzuwachs studierte (1923, S. 1 ff.; Klassifikation Schotte's, Kronenschichten 1 und 2). Ebenso Heikkilä (1925, S. 4) in seinen Zuwachsuntersuchungen der Kiefer. — Die Berücksichtigung der biologischen Verschiedenheiten der Bäume auch bei derartigen Untersuchungen ist natürlich recht wichtig. Dies hat man jedoch durchaus nicht immer beachtet.[1] —

Von allgemeineren Gesichtspunkten aus haben Untersuchungen über die Differenzierung der Bäume im Bestand mehrere Forscher angestellt.

»Petračić hat 1908 eine Untersuchung über das Ausformungsvermögen vorgenommen; aus ihr kann entnommen werden, dass im Durchschnitte seiner Versuchsflächen bei der Föhre (*silvestris*) von den vorherrschenden 60 % gut und sehr gut, 40 % gering und schlecht geformt sind. Die allerstärksten unter den vorherrschenden Stämmen sind bei allen Holzarten minderer Güte als die schwächeren unter den vorherrschenden Stämmen· je kühler das Klima oder je geringer der Boden, um so langsamer die Ausscheidung des Bestandes, d. h. um so grösser die Zahl der herrschenden Stämme, um so geringer ihre Stärke und Höhen- und Formunterschiede gegenüber den beherrschten Stämmen.» (Mayr 1909, S. 239 — 240. — Gekürzt.)

Andere derartige Untersuchungen sind von Hauch (1904 etc.), Aaltonen (1919, S. 314 ff.) u. a. ausgeführt worden. Sie betreffen vor allem die Bedeutung des »Ausbreitungs-, »Ausladungs-, »Schichtungs- usw. -vermögens» hinsichtlich der Wahl und Anwendung gewisser Massnahmen des Waldbaus (im Hinblick auf verschiedene Holzarten, Standorte usw.).

* * *

[1] Z. B. Blomqvist bedauert selbst, dass er u. a. wegen Zeitmangels die biologische Baumklassifikation in seinen Stärkenwachstumsuntersuchungen über Sägebäume nicht durchführen konnte, und gibt zu, dass die Ergebnisse dadurch einen Teil ihrer Stichhaltigkeit verloren haben (1897, S. II und VII—VIII).

Ferner wäre es noch angebracht, an einigen Beispielen zu prüfen, in welcher Weise die früher erwähnten mechanischen Baumklassifikationsverfahren auf dem Gebiete der biologischen Baumentwicklungsklassifizierung angewandt worden sind. Da gewisse derartige Fälle bereits vorübergehend berührt worden sind, könnte man vielleicht gerade von diesen ausgehen.

Zuerst sei die S. 59 referierte Untersuchung WEISE's erwähnt. — So natürlich es auch scheinen mag, nach der Art WEISE's eine mechanische Baumklassifikation als Grundlage einer derartigen, recht allgemein gehaltenen Untersuchung zu verwenden, besonders wenn das Ergebnis in so allgemeiner Form abgefasst wird und die Probeanalyse nur ein sehr kurzes Zeitintervall betrifft (5 J.), — zeigen doch gewisse vergleichende biologisch-mechanische Untersuchungen, dass die biologische Klassifikation ein richtigeres Resultat ergeben hätte als die verwendete mechanische.

Die gleichfalls schon oben genannte Untersuchung JAPING's ist nämlich auf der einen von WEISE's Versuchsflächen vorgenommen worden, u. a. in der Absicht, gerade das gegenseitige Verhältnis von biologischer (KRAFT) und mechanischer Baumklassifikation bei dem fraglichen Forschungsgegenstand zu untersuchen. Das Ergebnis dieser Untersuchung wird zusammengefasst in dem Satze (S. 684—685; Tab. 11):

»Die KRAFT'schen Stammklassen fällen ein noch schärferes Urteil über die Zuwachsfreudigkeit der einzelnen Stämme wie mechanisch gebildete Stärkeklassen.»

Worauf dieses bemerkenswerte Ergebnis beruht, ist leicht aus den kombinierten biologisch-mechanischen Frequenztabellen JAPING's zu ersehen. Eine von denselben mag hier mitgeteilt werden (S. 65). (Die mechanische Klassifikation hat JAPING der Stammzahlenverteilung der biologischen Klassifikation gemäss geordnet; die Tabelle führt einen 0,4 ha grossen, 52-jährigen, vor 5 Jahren durchforsteten Fichtenbestand vor; ein im Naturzustand befindlicher, ungelichteter Bestand hätte hier zweifellos ein noch beweiskräftigeres Bild geliefert; vgl. die Tabellen des Verf. über dieselbe Sache.)

Man findet nämlich, dass die Stärkespielräume der verschiedenen biologischen Klassen einander decken — und zwar in recht merklichem Grade. Die gleichstarken Bäume verteilen sich m. a. W. auf verschiedene biologische Klassen, woraus also folgt, dass gleiche Stärke bei zwei oder mehreren Bäumen an sich noch keine Ge-

Tabelle über das Verhältnis von biologischer und mechanischer Baumklassifikation. (Japing 1911, S. 679.)

Biologische Baumklassifikation / Mechanische Baumklassifikation	Von der KRAFT'schen Kronenklasse					
	1	2	3	4a	4b	5
	mit nachstehender Stammzahl					
	23	84	181	89	90	101
gehörten zu						
den 23 stärksten Stämmen	11	8	3	1	-	—
» 84 zweit » »	11	42	29	2	—	—
» 181 dritt » »	1	33	105	27	15	—
» 89 viert » »	—	1	32	30	21	5
» 90 fünft » »	—	—	11	21	35	23
» 101 schwächsten »	—	—	1	8	19	73

währ dafür bietet, dass diese Bäume untereinander auch biologisch gleichwertig wären.

Daraus ersieht man, mit wie grosser Vorsicht die Hinweise der mechanischen Klassifikation auf dem Gebiete der biologischen Forschung zu verwenden sind. Ebenso ist auch klar, dass, während die Genauigkeit der biologischen Klassifikation durch fortgesetzte biologische Differenzierungen fast bis zu unendlicher Feinheit zugespitzt werden kann, die Zunahme der biologischen Bedeutung der mechanischen Klassifikation dagegen schon bei einem ziemlich niedrigen Genauigkeitsgrade aufhört, jenseits dessen also die Fortsetzung der Klassifikation biologisch wertlos wäre.

In einer anderen Untersuchung, in seinen 1880 veröffentlichten »Ertragstafeln für die Kiefer», definiert WEISE die Oberhöhe des Bestandes — also ein biologisches Höhencharakteristikum — durch eine mechanische Durchmesserklassifikation (S. 61 ff.; als mechanische Einteilung verwendet WEISE DRAUDT-URICH's Durchmesserklassifikation mit 5 Klassen gleich grosser Stammzahl (S. 4), indem er die Oberhöhe als die Höhe der stärksten von diesen Klassen erklärt). — Sein Verfahren motiviert er u. a. mit folgenden Worten (S. 61):

»Die stärksten Stämme eines Altbestandes sind, wie die Durchmesseranalysen nachweisen, immer und zu allen Zeiten die stärksten und, wie die früheren Untersuchungen constatirt haben, aus diesem Grunde auch die höchsten Stämme des Bestandes gewesen.»

Andrerseits zeigen die Grundsätze, die die biologische Baumklassifikation befolgt und die weiter oben allseitig erörtert worden sind, ohne weiteres, dass eine solche biologische Baumgruppe, bei deren Charakterisierung der Ausdruck »Oberhöhe» verwendet wird, durch keinerlei willkürliches mechanisches Klassifizierungsverfahren bestimmt werden kann, so auch nicht durch die von WEISE verwendete DRAUDT-URICH'sche Klassifikation. Zweitens hat WEISE in dem zitierten Ausspruch sowohl die positive Korrelation zwischen Höhe und Stärke und deren Rolle bei der Definierung der Oberhöhe übertrieben als auch den Klassenumtrieb als in derselben Sache bedeutungslos hingestellt. Schon allein JAPING's oben wiedergegebene Tabelle (S. 65), sowie die entsprechenden graphischen Tafeln des Verf. 41—43 zeigen, wie merklich die Durchmesserintervalle der Beherrschungs- bzw. Höhenschichten einander decken, und ein wie wesentlicher Unterschied mithin bei den exakten Höhenzahlen der nach Höhe bzw. Durchmesser berechneten obersten Klassen besteht. Schliesslich zeigen auch die Klassenumtriebsuntersuchungen, dass sich nicht ohne gründliche vergleichende Untersuchungen behaupten lässt, dass irgendein zu den stärksten gehörender Baum seine ganze Lebenszeit zu den in derselben Weise definierten stärksten, — und somit nach dem oben Gesagten noch weniger, dass er auch zu den längsten Bäumen gehört hat.[1] [2]

[1] AALTONEN z. B. hat die »Oberhöhen»-Bestimmung auf Grund einer auf der Höhe selbst fussenden mechanischen Klassifikation vorgenommen (1919, S. 67). Die Oberhöhe ist bei ihm die mittlere Höhe der 10 höchsten Bäume der Probefläche. Der bei WEISE aus der Vermittlerrolle des Durchmessers resultierende Fehler ist hier beseitigt, — noch verbleibt die Willkürlichkeit der Baumklassifikation. Es ist übrigens ausserdem wegen eventuell auftretender »Vorwüchse» bedenklich, blindlings die längsten Bäume zur Charakterisierung der Oberhöhe des Bestandes auszuwählen. (Ebenso verhält es sich auch bei blinder Durchmesserwahl. Von den Vorwüchsen gehören manche auch gewöhnlich zu den stärksten Individuen des Bestandes.) — Vgl. übrigens den Schluss dieses Kapitels.

[2] Hinsichtlich des Klassenumtriebs sei erwähnt, dass JAPING (1911, S. 667 ff.) nachgewiesen hat, dass neben dem negativen Klassenumtrieb auch eine beträchtliche Entwicklung positiven Charakters vorhanden ist, und dass diese gerade vor allem die gegenseitigen Verhältnisse von (KRAFT's) oberen Baumklassen betrifft.

In derselben Richtung bewegen sich auch die einschlägigen Bemerkungen SCHWAPPACH's (1890, S. 44; 1902 a, S. 14—15). Besonders ist der aufwärts vor sich gehende Klassenumtrieb in der Entwicklung schattenvertragender Holzarten nach ihm ziemlich bedeutend.

Betreffs der praktischen Anwendung des erwähnten Verfahrens für die Bestimmung der Oberhöhe vgl. das weiter unten über die SCHWAPPACH'schen Untersuchungen Gesagte.

Andere haben sogar ganze »Zuwachstabellen» auf Grund mechanischer Klassifikationen aufgestellt. Von solchen seien z. B. erwähnt die von Speidel nach der Draudt-Urich'schen zehnteiligen Klassifizierung der Bäume in Klassen von gleicher Stammzahl aufgestellten Grundflächen- und Volumzuwachszahlen (1889, S. 42—49, 74—79; vgl. auch 1888). Später hat Speidel ein Klassifizierungsverfahren von der Art des Block-Schwappach'schen angewandt (Stammklassen von 200 Ex.; 1893, S. 29 ff.).

In gleicher Weise ist Schwappach verfahren. Er hat vollständige Zuwachszahlen aus der Höhen-, Durchmesser- und Volumentwicklung der 200 stärksten Stämme pro ha abgeleitet (1889, S. 48 ff.). In einigen späteren Untersuchungen hat er seine 1891 aufgestellte Preussische Methode der Stammklassifizierung bei Probeflächenaufnahmen angewandt. — Grundner hinwieder hat in den Untersuchungen über die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers sowohl Draudt-Urich's und Block's als auch Schwappach's Preussisches Verfahren benutzt (1904, S. 14—29). — Neuerdings haben Busse und Jaehn (1925) Zuwachsuntersuchungen an den 20 stärksten Stämmen ihrer Versuchsbestände angestellt.

Was besonders die Anwendung des Verfahrens, die Bäume vom stärksten her in Klassen bestimmter Stammzahlen zu gruppieren, auf dem Gebiete der biologischen Untersuchung betrifft, so zeigt dies unter gewissen Verhältnissen von den mechanischen Klassifikationen die grössten Schwächen.[1] Es ist ja beispielsweise nicht einerlei, ob man die 100, 200 usw. stärksten Stämme z. B. von 10,000 oder von 500 Stämmen pro ha berechnet. Wenigstens in älteren Beständen gehören diese nicht immer zu e i n e r einheitlichen biologischen Klasse (vgl. z. B. die obige Tabelle Japing's, welche zeigt, dass zu den 100 stärksten Bäumen eines Hektars (Versuchsfläche 0,4 ha) Individuen aus Kraft's v i e r ersten Klassen gehören; siehe auch die entsprechenden Tabellen des Verf. weiter unten), und selbst wenn sich dies zufällig so verhielte, vertreten sie keine biologisch signifikante Gruppe, da die Klasse in ihrer Gesamtheit mit den bestimmten Durchschnittszahlen usw. auch dann nicht durch sie charakterisiert wird. Eine solche Klasse ist immer etwas Künstliches, und ihr Verhältnis zur biologischen Klassifikation ändert sich

[1] In anderen Fällen können diese selben Eigenschaften im Gegenteil bestimmte Vorteile gegenüber anderen mechanischen Verfahren darbieten. Vgl. den Schluss dieses Kapitels.

dauernd. Die Veränderungen dieses Verhältnisses während der Lebenszeit des Bestandes sind überdies gar nicht gering, wie z. B. aus dem Kapitel über die Stammzahl hier unten ersehen werden kann.

Was jedoch noch besonders die Höhe betrifft, so steht gewöhnlich die Möglichkeit offen, dass das Auge bei der okularen Auswahl des Probestammes korrigiert, was die mechanische Berechnung verfehlt — was natürlich kein Verdienst dieses Klassifizierungsverfahrens an und für sich ist.[1] Was dagegen diejenigen Charakteristika anbelangt, die auf dem Durchmesser fussen, welcher eben die Grundlage für jene künstliche Klassifizierung im allgemeinen bildet, nämlich den Durchmesser selbst sowie die Grundfläche und die Kubikmasse des Bestandes, so kann man ihnen selbstverständlich keinen grösseren biologischen Wert bei einer Analyse des inneren Baues und der Entwicklung der Bestände beimessen.

Was dagegen die Anwendung der mechanischen Klassifikationen für reine forsttaxatorische Zwecke anbelangt, so ist gegen dieselbe kaum etwas einzuwenden. Besonders hat sich die Klassifikation der Stämme vom stärksten her in Klassen bestimmter Stammzahlen, bzw. in Klassen gleicher Stammzahlen, Grundflächen usw. als vorteilhaft erwiesen. So hat man bei Aufstellung von Ertragstafeln sich dieser Methoden in Verbindung mit dem »Weiserverfahren» (HUBER 1824) und dem »Leitkurvenverfahren» (C. HEYER 1845, E. HEYER 1857) vielfach mit Erfolg bedient. So benutzte z. B. R. HARTIG die von ihm selbst erfundene (1868) mechanische Stammgruppierung, nämlich gleichgrosse Grundflächenklassen, im Zusammenhang mit einem solchen Verfahren (die analysierten Mittelstammcharakteristika der Gruppen fungieren als Bonitätsweiser auf früheren Altersstufen). Ebenso verwendete WAGENER (1875, S. 193) die Analyseweiser von den 150 bzw. 200 stärksten Stämmen, — v. LOREY (1884, 1897) die Mittelstammleitkurven der 500 stärksten Stämme, — BLOCK (1889) und SCHWAPPACH (1893) ihre eigenen, hier früher erwähnten Klassifikationen zur Herstellung eines Zusammenhangs zwischen den einzelnen Beständen, — usw.

[1] Für die Bestimmung der Oberhöhe — abgesehen vielleicht von Jungbeständen — ist diese Klassifikation tatsächlich zwecklos, denn die Längen jener 100, 200 usw. stärksten Stämme taxiert man ja doch in der Regel nicht alle, woraus folgt, dass das Auge trotzdem entscheidet, welche Stämme die gesuchte Höhe repräsentieren sollen. Ausserdem ist es gar nicht leicht, im Bestand für die Höhenschätzung die erwähnten stärksten Stämme auszuzeichnen, denn sie stehen unter den schwächeren Stämmen verstreut, und ihre untere Stärkengrenze ist auch nicht bekannt, ehe die Durchmesserverteilung ermittelt ist. Eine präzise Lösung der Aufgabe fordert also mehr Arbeit, als die Sache vielleicht wert ist.

Das Gleiche bezwecken einige Untersuchungen aus Finnland, von denen folgende genannt seien: Thomé's und Minni's (1908, S. 115. 124) Zuwachsuntersuchungen für die 400 stärksten Stämme auf einem Hektar, — Karlsson's und Silfverberg's (1910, S. 191, 195 ff., 200, 214) für die 200, — Y. Ilvessalo's (1916, S. 11 ff.; 1920 b, S. 44, 121 ff., Beilage II, S. 27 ff.; 1920 c, S. 27 ff.) und Lakari's (1920 c, S. 14) für die 100 stärksten Stämme pro ha. —

Was dann noch die nur auf der primären mechanischen äquidistanten Stammverteilung beruhende Erforschung der Bestandesstruktur betrifft, wird darüber weiter unten im Zusammenhang mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung berichtet.

Die Grundlagen der vorliegenden Untersuchung.

Die Bonitierung der Standorte.

Bei einer Untersuchung wie der vorliegenden ist es natürlich wichtig, die Standortsbonitierung möglichst objektiv ausführen zu können, denn eine hinreichend tiefgehende Durchmusterung des inneren Baues der Waldbestände und seiner Faktoren ist ohne eine solche Grundlage, die die Standortsbonitäten bilden, nicht gut möglich.

Die Frage der Waldstandortsbonitierung ist in der letzten Zeit viel behandelt worden, nicht am wenigstens bei uns in Finnland, und die auf sie bezügliche Literatur ist so allgemein bekannt, dass eine eingehendere Erörterung dieser Frage, trotz ihrer grundlegender Bedeutung, an diesem Ort überflüssig erscheint.

Als Bonitierungsmethode, die von den bisher aufgestellten am besten den Anforderungen einer objektiven Standortsbonitierung zu entsprechen scheint, ist in dieser Untersuchung die bei uns allgemein gebräuchliche Methode der Bonitierung auf Grund der W a l d t y p e n benutzt worden.

Die in der Südhälfte Finnlands vorherrschenden gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbestände.

Da die vorliegende Untersuchung über die Zuwachsverhältnisse und den Entwicklungsgang der naturnormalen Kiefernbestände ein rein praktisches Ziel hat, ist es als zweckmässig erschienen, die Untersuchung auf diejenigen Waldtypen zu beschränken, auf denen die Kiefer in der Südhälfte von Finnland vorwiegend bestandbildend auftritt.

Die »Südhälfte» Finnlands als einheitliches geographisches Vegetationsgebiet kann man vielleicht in der Weise abgrenzen, wie es Y. Ilvessalo in seinen Zuwachsuntersuchungen über die einheimischen bestandbildenden gewöhnlichen Holzarten getan hat (1920 c, S. 9). Dieses Gebiet erstreckt sich im Norden und Nordwesten bis zur Wasserscheide Suomenselkä. Ilvessalo hat durch vergleichende Untersuchungen ge-

zeigt, dass man es sowohl hinsichtlich der Waldtypen als der Zuwachsverhältnisse praktisch als einheitliches Wuchsgebiet ansehen kann (z. B. 1920 b, S. 127 ff.). Es ist das wichtigste Waldgebiet Finnlands.

Die vorherrschenden Waldtypen, auf denen die Kiefer in dem genannten Gebiet bedeutendere Wälder bildet, sind demjenigen, der sich in der praktischen Forstwirtschaft betätigt hat, ohne weiteres bekannt. Es sind der Myrtillus-, der Vaccinium- und der Calluna-Typ. Auch z. B. auf dem Oxalis-Myrtillus-Typ tritt die Kiefer teilweise auf, aber dieser Typ gehört schon zu den eigentlichen Standorten der Fichte und der Laubhölzer, so dass der Kiefer nur ein relativ geringer Teil davon verbleibt und in Zukunft verbleiben wird. Ausserdem ist auch dieser Typ an sich nicht besonders reichlich in den Waldgebieten des Landes vertreten. Was den anderen Standorts-Randtyp der Kiefer anbelangt, den Cladina-Typ, so ist dieser auf dem in Frage kommenden geographischen Gebiet so selten, dass er, obwohl er freilich ausschliesslich »Kiefernboden» ist, in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden kann.[1] Die anderen Typen würden hier um so weniger am Platze sein, als es äusserst schwer gewesen wäre, entsprechende typische Probebestände in genügender Anzahl zu finden.[2]

Die Sache möge noch durch statistische Zahlenangaben über Waldtypen bzw. Waldtypengruppen des produktiven Waldbodens in der Südhälfte Finnlands (bis zur Südgrenze des Läns Oulu), wie sie die Linientaxierung Finnlands ergeben hat, beleuchtet werden. (Vgl. Y. Ilvessalo 1924, S. 7 ff.)[3] (Siehe Tabelle auf der folgenden Seite.)

Aus der Tabelle geht nun recht deutlich hervor, dass die für die Kiefernwaldwirtschaft bedeutsamsten Waldtypen der Südhälfte Finnlands jene drei schon oben erwähnten Waldtypen, nämlich der Myrtillus-, der Vaccinium- und der Calluna-Typ (MT, VT, CT) sind.[4]

Schliesslich sei noch auf die Prozentzahl 51,5, die den Gesamtanteil der Wälder mit vorherrschender Kiefer an den produktiven Waldböden angibt, hingewiesen; — die Kiefer ist die wichtigste waldbildende Holzart in Finnland.

* * *

[1] Y. Ilvessalo hat ausser für die obenerwähnten drei Haupttypen Ertragstafeln (für die Kiefer) auch für den Oxalis-Myrtillus- und den Cladina-Typ aufgestellt. (Der letzterwähnte war die südfinnische Form des Cl-Typs. 1920 a, b, c.)

[2] Fels- und Moorwälder sind hier ebenfalls nicht berücksichtigt worden.

[3] Die Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt hat die hier vorgeführten genaueren Zahlen dem Verf. gütigst zur Verfügung gestellt.

[4] Die Moorwälder gehören nicht zu den eigentlichen Waldtypen.

Tabelle über die prozentuale Verteilung der Waldtypen bzw. Waldtypengruppen des produktiven Waldbodens in der Südhälfte Finnlands.

Produktive Waldböden — Waldtypen	Prozentuales Vorkommen der Typen	Wälder mit vorwiegender Kiefer. Deren prozentuales Auftreten	
		an jedem Standort besonders	im Vergleich zum Gesamtgebiet der produktiven Waldböden
	Prozente		
Haintypen	0,5	19,8	0,1
Hainartige Typen	5,6	27,1	1,5
Myrtillus-Typ	38,5	32,2	12,4
Vaccinium-Typ	30,7	78,2	24,0
Calluna-Typ	7,1	95,6	6,8
Cladina-Typ	0,1	100,0	0,1
Produktive Bruchmoortypen	9,5	7,5	0,7
Produktive Reisermoortypen	7,0	80,0	5,6
Bewaldete (Moor-)Kulturböden	1,0	26,6	0,3
Insgesamt:	100,0	—	51,5

Die Kiefer, als sog. Lichtholzart, bildet keine harmonischen Bestände in ungleichaltriger Zusammensetzung. Die Gleichaltrigkeit gewährt, wie bekannt, dem Kiefernbestande die vollendetste Entwicklung. — Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf gleichaltrige Kiefernbestände.

Absolute Gleichaltrigkeit, d. h. ein Bestand, welcher aus einer Besamung entstanden ist, repräsentiert natürlich die beste »Form» der Gleichaltrigkeit. Waren die Besamung oder die Keimfähigkeit nicht befriedigend gut, oder ist ein Teil des Jungbestandes infolge ungeeigneter Temperatur- oder Feuchtigkeitsverhältnisse oder aus anderen Ursachen eingegangen, so ergänzt sich der Pflanzenbestand bei natürlicher Verjüngung vielleicht im folgenden Samenjahr und oft erst in den darauffolgenden Besamungsjahren, — oder er bleibt, wie ganz natürlich recht oft, ein abnormer, lückiger Jungbestand. Die sog. Samenruhe über eine, vielleicht auch mehrere Vegetationsperioden ist natürlich auch geeignet, kleinere Ungleichmässigkeiten in der erwünschten Gleichaltrigkeit hervorzurufen.

Die Folgen geringerer Altersunterschiede, wie übernormale Grössen-

schwankungen der Pflanzen, ungleichmässige Stellung derselben, ausser-gewöhnliche Kronenformen usw., können mit zunehmendem Alter, wenn der schwere Kampf ums Dasein, der stetig grösser werdende Wuchs-raumbedarf der Bäume und infolge davon die natürliche Auslichtung des Bestandes ihre Zeit gewirkt haben, zum grossen Teil, ja sogar beinahe völlig verschwinden.

Derartige Fälle sind auf dem von dieser Untersuchung behandelten Gebiete überaus gewöhnlich, es lässt sich sogar vermuten, dass ein beträchtlicher Teil der sog. gleichaltrigen Kiefernbestände streng genommen mehr oder weniger verschiedenaltrig ist, — aus zwei, vielleicht auch mehr Samenjahren stammend. Eine derartige, später sich ausgleichende Ungleichaltrigkeit wird nämlich durch die hier relativ dicht nacheinander auftretenden Samenjahre leicht hervorgerufen (vgl. die Literatur in der folgenden Fussnote).

Häufig ist jedoch auch der völlig gleichaltrige Kiefernbestand. Diesen rufen hervor die im allgemeinen leichte Verjüngung der Kiefer in unserem Lande, in anderen Jahren besonders reichlicher Abfall gut keimenden Samens, relative Harmlosigkeit der schädlichen Insekten und andere günstige Umstände.

Beide Formen der Kiefernbestände sind bei uns zum grössten Teil nach Waldbränden entstanden. Die in Finnland besonders früher häufigen Waldfeuer sowie die in vielen Gegenden reichlich angewandte Brandkultur haben der Kiefer ausserordentlich gute Möglichkeiten verschafft, auf einmal oder in kürzerer Zeit für die Verjüngung genügend grosse Gebiete zu besäen. Infolgedessen sind unsere jetzigen Kiefernwälder auf dem fraglichen Gebiete meistenteils ihrem Grundhabitus nach »gleichaltrig».[1]

[1] Über die Häufigkeit der Waldbrände usw. sind bei uns zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. Was z. B. die besprochene Gleichaltrigkeit des Bestandes und deren Ursachen betrifft, sagt schon BLOMQVIST 1872 (S. 11):

»De flesta jemnäriga och slutna skogar, som anträffas i Finland, hafva uppkommit på en genom svedjning eller skogseld kalbränd mark efter ett inträffadt fröår. Jemnärigheten hos dylika skogsbestand är i södra och medlersta Finland ofta så fullkomlig, att man uti yngre skogsbestånd med temmeligen stor noggrannhet kan bestämma när det fröar infallit, fran hvilket de haft sitt ursprung. I nordliga Finland erfordras det nästan alltid flere än ett fröår för att framkalla full atervext.» (»Die meisten gleichaltrigen und geschlossenen Wälder, die in Finnland anzutreffen sind, sind auf durch Brandwirtschaft oder Waldfeuer kahlgebranntem Boden nach einem Samenjahr entstanden. Die Gleichaltrigkeit solcher Waldbestände ist in Süd- und Mittelfinnland oft so vollständig, dass man in jüngeren Beständen mit ziemlich grosser Genauigkeit bestimmen kann, wann das Samenjahr eingetroffen war, von dem sie

Die innere Struktur und Entwicklung des Waldbestandes sind früher, wie zu Anfang gezeigt, nicht gründlicher untersucht worden. Relativ unbekannt sind somit noch heute die biologischen Gesetzmässigkeiten, die die innere Entwicklung des Waldbestandes befolgt.

Wie ebenfalls schon erwähnt, ist es jedoch für eine rationelle Waldpflege wichtig, dass diese Gesetzmässigkeiten bekannt sind, — und solange man sie in Beständen der unberührten Natur nicht kennt, kann das schwierige Werk der Durchforstungen kaum völlig zielbewusst geleitet werden. Die künstliche Durchforstungstätigkeit muss sich auf die Entwicklungserscheinungen gründen, die eine natürliche Auslichtung hervorrufen.

Im Hinblick auf diese Tatsachen ist die vorliegende Untersuchung zunächst auf die im Naturzustand befindlichen normaldichten gleichaltrigen Kiefernbestände gerichtet. — A. v. HUMBOLDT's bekannte Worte: »Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Mass- und Zahlenverhältnissen kennt» (Kosmos I), können auch bei dieser Untersuchung als Motto dienen.

ihren Ursprung genommen haben. Im nördlichen Finnland ist fast immer mehr als ein Samenjahr erforderlich, damit ein voller Nachwuchs zustandekommt.»)

In seiner 1881 erschienenen Monographie über die Kiefer bestätigt BLOMQVIST seine Äusserung, indem er u. a. bemerkt, dass 0,8, ja sogar 0,9 von den Kiefernbeständen Finnlands auf Waldbrandflächen entstanden sind (S. 94).

Über Waldbrände und deren Bedeutung für die Entstehung unserer gleichaltrigen Kiefernbestände siehe auch z. B. O. LÖNNROTH (1913) und SAARI (1923). Über die Brandkulturwälder berichtet HEIKINHEIMO (1915) eingehend. Nach ihm gibt es in Finnland Gegenden, in denen über $^3/_4$ vom produktiven Waldboden seinerzeit geschwendet worden sind (Karte Nr. 1).

L. ILVESSALO ist bei der Untersuchung der Verjüngungsjahre der Kiefernwälder Süd- und Mittelfinnlands (1917) zu dem Schlusse gekommen, dass die untersuchten Bestände im allgemeinen ausserordentlich gleichaltrig waren, indem er freilich gleichzeitig Beispiele auch von bedeutenden Altersunterschieden bei »Gleichaltrigkeit» anführt (S. 36—37). In den Fällen, wo die Verjüngung nicht auf einmal eingetreten war, schwankte der Verjüngungszeitraum ausser nach der Häufigkeit und Ergiebigkeit der Samenjahre, der Keimkraft des Samens, der Reichlichkeit der Samenbäume und der Gunst der Witterungsverhältnisse, der Samenruhe usw. auch z. B. nach dem Waldtyp; je ergiebiger der Waldtyp, um so kürzer die Verjüngungszeit (S. 36—38). Reichliche oder ziemlich reichliche Verjüngungsjahre traten durchschnittlich nach $2^1/_2$ Jahren auf (S. 33), und auch in schwachen Besamungsjahren konnten sich besonders Brandkulturflächen bewalden (S. 36).

Die Verhältnisse Nordfinnlands bzw. Lapplands sind in diesen Beziehungen z. B. von RENVALL (1912, 1919), LAKARI (1915 a, b, 1920 c), AALTONEN (1919), LASSILA (1920), HEIKINHEIMO (z. B. 1921 a) untersucht worden.

Die Samenruhe haben in Finnland z. B. CANNELIN (1900), NYLANDER (siehe LAKARI 1915 a, S. 115) und RENVALL (1912) konstatiert.

In Finnland ist es jedoch nicht gleich leicht, in der letzterwähnten Hinsicht (Naturnormalität) wie in der oben behandelten (Gleichaltrigkeit) befriedigendes Untersuchungsmaterial zu beschaffen. Gleichaltrige Kiefernbestände finden sich freilich reichlich, aber ihr Zustand ist nur noch in seltenen Fällen naturnormal. Die Nutzung der Wälder ist so intensiv gewesen, dass diese kaum irgendwo unberührt geblieben sind.

In den besten Fällen sind jüngere Bestände durch mehr oder weniger planmässige Durchforstungen in ihrem Naturzustande gestört worden, meist aber hat die Behandlung wenig mit vernünftiger Forstpflege zu tun gehabt. Ebenso tragen Waldbrände und Vieh Schuld an der Verheerung sonst guter Jungbestände, wenngleich die ersteren teilweise auch deren Entstehung begünstigt haben. Ausserdem hat auch die Natur selbst zahlreiche Verheerungen in volldichten jüngeren und älteren Kiefernbeständen angerichtet. Besonders die gemeinsamen Schädigungen durch Schnee und Sturm verderben beträchtliche Teile von Kiefernbeständen, indem sie von Haus aus schöne, gleichmässige, aber vom Standpunkt der Waldpflege natürlich allzu dichte Jungbestände und Altgehölze oft in lückige abnorme Bestände verwandeln.

Die Normalerhaltung des Waldes für dessen ganze Lebenszeit ist somit aus zahlreichen Ursachen — man kann wohl sagen — von einem seltenen Zufall abhängig. Recht spärlich finden sich heute Kiefernbestände von der hier geforderten Art, wodurch natürlich die auf sie bezüglichen Untersuchungen entsprechend erschwert werden. [1]

Die untersuchten Probebestände.

Die an die Einsammlung des Untersuchungsmaterials gestellten prinzipiellen Anforderungen sind in den Hauptzügen schon durch die obige Erörterung bekannt. Diese Grundsätze sind bei der Beschaffung des Materials auch nach Möglichkeit befolgt worden. Zum Gegenstand der Untersuchungen wurden somit eine Reihe jüngere und ältere, möglichst gleichaltrige und naturnormale Kiefernbestände vom Myrtillus-, Vaccinium- und Calluna-Typ gemacht. — Die Anforderungen hinsichtlich der Homogenität des Materials wurden, soweit es nur die Wälder Finnlands ermöglichten, hoch gestellt. Dazu hat der Charakter der Untersuchung, die auch tief in Einzelheiten eindringt, gezwungen; sonst würden die Ergebnisse nicht der aufgewandten Mühe entsprechen.

[1] Schon z. B. Blomqvist klagt über die Schwierigkeiten, bei der Materialsammlung für die Ertragstafeln (1872) normale unberührte Bestände zu finden. Dass jedoch die Auffindung eines völlig normalen Materials auch sonst nicht zu den leichtesten Aufgaben gehört, bezeugt z. B. ein Ausspruch v. Baur's (1876, S. 7).

Das ursprüngliche Programm: je 10 Probebestände pro Waldtyp, also insgesamt 30, auf die wesentlichste Lebenszeit der Kiefer (Entwicklungsperiode von anderthalb Jahrhundert) verteilt, konnte auch erst nach mühseligem Suchen durchgeführt werden.[1]

Die untersuchten Bestände liegen in 7 Kirchspielen von 4 Läns. Die Besitzer der Wälder waren: der Staat, A.B./W. Gutzeit & Co. sowie eine Privatperson. Die Untersuchungen wurden in vier Sommer-Herbstperioden 1918—1921 ausgeführt. —

Die Probebestände werden in der Waldtypen- und Bestandesaltersfolge in Tabelle I aufgezählt. Tabelle II gibt Auskunft über die Untervegetation auf den untersuchten Bestandesflächen.[2] Darauf folgen die Hauptpunkte der Boden- und Bestandeserläuterungen dieser Probeflächen in kurzer Darstellung.

[1] Absicht des Verf. war, Probeuntersuchungen auch sowohl in regelmässig gepflegten Beständen wie auf Randtypen, die sich an die jetzt untersuchte Waldtypenreihe anschliessen (OMT, C-CIT), vorzunehmen, aber die Verwirklichung dieses Gedankens konnte wegen des zu grossen Umfangs einer solchen Arbeit nicht durchgeführt werden. Die schon genommenen 14 derartigen Probeflächen sind deshalb bis auf weiteres ohne nähere Behandlung geblieben.

Was übrigens die Probebestandesmenge des Verf. betrifft, so sei zu dem, was auf S. 58 ff. vorgebracht ist, zum Vergleich noch erwähnt, dass die von CAJANUS als homogen anerkannten 7 Bestandesreihen (auch diese wurden zu Bestandesentwicklungsuntersuchungen verwendet) die folgende Anzahl von Bestandesaufnahmen umfassten: 15, 10, 7, 6, 6, 5 und 4. (1914, S. 124—135.) Überdies war hier nicht die Absicht, gewöhnliche Ertragstafeln aufzustellen; dagegen befasst sich die vorliegende Untersuchung freilich u. a. mit den Grundlagen und dem Programm einer solchen Tafel in prinzipieller und methodologischer Hinsicht.

[2] Bei der Bezeichnung der Untervegetation wurde NORRLIN's 10-stufige Skala für den Dichtigkeitsgrad der Pflanzen verwendet. (Vgl. HÄYRÉN 1902, S. 172; PALMGREN 1912, S. 142; 1922 b, S. 109; CAJANDER 1923 a, S. 46 Fussnote.)

Die Untersuchungen wurden aus zwei Gründen im Spätsommer oder Herbst vorgenommen. Teils war Verf. wegen Berufspflichten verhindert, den Sommer zu Forschungsreisen zu verwenden, und teils war es auch nicht vorteilhaft, Probematerial mitten in der Vegetationsperiode zu entnehmen, sondern erst in deren letzter Hälfte. (Vgl. z. B. FLURY 1903, S. 27; SPEIDEL 1889, S. 74—79; GRABNER 1852, v. LOREY 1882, BÖHMERLE z. B. 1882, 1895, 1902, ROMELL 1925, usw.) Diese späte Untersuchungszeit hatte dagegen zur Folge, dass die Pflanzenverzeichnisse in gewissen Fällen, nach dem Verwelken vieler Pflanzen, nicht immer vollständig wurden. Dass dies jedoch die Bestimmung des Typs selbst nicht unsicher gestaltet hat, möge hier erwähnt werden.

Tabelle I. **Die Probebestände.**

Waldtyp	Bestandesalter in J.	Untersuchungsjahr (Herbst)	Län	Kirchspiel	Staatsrevier bzw. Waldbesitzer
MT	14	1918	Viipuri	Valkjärvi	Revier Käkisalmi
»	19	1919	Häme	Padasjoki	» Evo
»	30	»	»	»	» »
»	47	1920	»	»	» »
»	69	1918	Mikkeli	Sulkava	» Savonlinna
»	78	»	»	»	» »
»	96	»	Viipuri	Valkjärvi	» Käkisalmi
»	103	»	»	»	» »
»	136	1921	Häme	Tammela	» Tammela
»	146	»	»	»	» »
VT	14	1918	Mikkeli	Mikkeli	» Kouvola
»	27	»	Viipuri	Valkjärvi	» Käkisalmi
»	50	»	»	»	» »
»	70	»	»	»	» »
»	76	»	Mikkeli	Sulkava	» Savonlinna
»	90	»	Viipuri	Valkjärvi	» Käkisalmi
»	102	1919	Häme	Padasjoki	Privatbes. Gut Ärrälä
»	115	1918	Viipuri	Valkjärvi	Revier Käkisalmi
»	130	»	»	»	» »
»	156	»	»	»	» »
CT	14	1918	Mikkeli	Mikkeli	» Kouvola
»	35	»	Kuopio	Pielisjärvi	A.B./W. Gutzeit & Co.
»	45	1920	Häme	Lammi	Revier Evo
»	50	1918	Viipuri	Valkjärvi	» Käkisalmi
»	64	»	Kuopio	Pielisjärvi	A.B./W. Gutzeit & Co.
»	87	»	»	»	Revier Lieksa
»	96	»	»	»	A.B./W. Gutzeit & Co.
»	102	1921	»	»	Revier Lieksa
»	130	»	»	»	» »
»	159	»	»	»	» »

Tabelle II. **Pflanzenverzeichnis**

Waldtyp	Bestandesalter	FLECHTEN: *Cladina silvatica*	*Cl. rangiferina*	*Cl. alpestris*	*Cladonia coccifera*	*Cl. cornuta*	*Cl. spp.*	*Stereocaulon paschale*	*Cetraria islandica*	*Peltidea aphtosa*	*Peltigera spp.*	MOOSE: *Hylocomium triquetrum*	*H. parietinum*	*H. proliferum*	*Ptilium crista castrensis*	*Dicranum undulatum*	*D. scoparium*	*D. spp.*	*Polytrichum juniperinum*	*P. commune*	*Mnium spp.*
MT	14	(2)	–	–	—	—	(2)	—	—	1	—	—	3	—	—	—	2	1	—	2	—
»	19	(2)	–	–	—	—	(2)	(2)	—	—	—	—	4	3	—	—	2	—	—	—	—
»	30	–	(1)	–	—	—	(2)	—	—	2	2	4	5	4	—	—	4	2	3	2	—
»	47	(2)	–	–	—	—	(1)	—	—	1	2	2	5	3	—	3	3	—	2	3	2
»	69	(1)	—	—	—	—	(1)	—	—	—	—	2	5	5	2	2	3	2	—	4	—
»	78	(3)	–	–	(1)	—	(2)	(1)	—	2	1	3	7	4	2	3	4	—	—	—	—
»	96	(2)	(2)	–	—	—	(2)	—	—	—	—	—	7	5	4	3	5	2	—	4	—
»	103	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4	5	6	4	6	—	—	3	—
»	136	(3)	—	–	(1)	—	(1)	—	—	2	—	1	6	3	—	3	3	—	2	—	—
»	146	(2)	–	–	–	—	(1)	—	—	—	2	3	5	6	—	4	5	3	—	4	2
VT	14	3	4	—	2	2	4	2	2	1	—	—	3	—	—	3	—	—	4	—	—
»	27	4	4	–	2	1	3	3	—	3	—	—	7	2	—	—	—	2	3	—	—
»	50	2	3	2	—	—	3	—	—	4	2	—	7	—	—	4	3	—	5	—	—
»	70	3	3	–	—	2	—	—	3	4	—	—	7	3	—	2	—	—	—	—	—
»	76	2	3	–	—	—	4	—	2	2	—	—	8	—	3	5	2	2	3	—	—
»	90	3	4	–	—	—	3	—	2	3	—	—	7	2	—	3	2	—	3	—	—
»	102	2	3	–	—	—	—	1	3	2	—	—	7	2	2	5	2	3	—	—	—
»	115	2	2	–	1	—	3	—	—	4	—	—	8	3	1	4	4	—	2	—	—
»	130	4	3	2	—	2	3	2	4	4	—	—	8	3	—	3	2	2	—	—	—
»	156	3	5	1	2	2	4	2	2	4	—	—	8	4	2	5	3	3	—	2	—
CT	14	3	5	1	3	3	4	—	—	2	—	—	4	—	—	2	1	2	3	—	—
»	35	5	4	—	3	2	2	2	—	—	—	—	3	—	—	4	—	1	—	—	—
»	45	4	5	2	2	4	3	3	—	3	—	—	5	2	—	5	3	—	—	—	—
»	50	5	4	1	—	2	5	—	1	—	—	—	5	1	—	3	—	1	4	—	—
»	64	2	5	–	4	—	3	—	3	3	—	—	6	—	—	4	3	—	5	—	—
»	87	3	6	2	3	3	3	—	1	2	—	—	7	3	—	4	3	2	3	—	—
»	96	5	5	3	4	3	4	—	2	2	—	—	7	—	—	3	2	—	2	—	—
»	102	6	6	2	5	3	5	2	2	—	—	—	8	2	—	5	3	2	—	—	—
»	130	6	7	–	4	5	6	—	3	3	—	—	8	2	—	5	3	—	4	—	—
»	159	6	7	3	4	5	5	2	2	3	—	—	8	2	—	6	3	—	3	—	—

( ) = Kommen vorzugsweise nur auf Steinen und auf trockenen Flecken vor.

der Untersuchungsflächen.

| GRÄSER: | | | | | KRÄUTER: | | | | |

Forts. zu Tab. II.

Waldtyp	Bestandesalter	KRÄUTER: *Pyrola rotundifolia*	*P. chlorantha*	*P. media*	*P. minor*	*P. secunda*	*P. umbellata*	*Monotropa hypopitys*	*Trientalis europœa*	*Thymus serpyllum*	*Brunella vulgaris*	*Veronica officinalis*	*V. serpyllifolia*	*Euphrasia officinalis*	*Melampyrum pratense*	*M. silvaticum*	*Linnæa borealis*	*Solidago virgaurea*	*Antennaria dioeca*	*Achillea millefolium*	*Chrysanthemum leucanth.*	*Hypochœris maculata*	*Hieracium pilosella*	*H. murorum coll.*	*H. vulgatum coll.*	*H. umbellatum*
MT	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	2
»	19	2	—	—	—	3	—	—	4	—	1	2	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	2	—	—	—
»	30	—	2	1	—	3	—	—	3	—	—	1	—	—	—	4	2	3	4	—	—	—	3	—	—	2
»	47	2	—	2	—	—	2	—	3	—	—	—	—	—	—	3	2	1	—	3	—	—	—	—	—	3
»	69	—	—	—	3	—	—	—	4	—	—	—	2	—	3	—	3	2	3	—	—	2	3	—	—	—
»	78	—	—	—	2	3	—	—	3	—	—	3	—	—	2	3	3	2	5	—	—	—	—	—	—	3
»	96	1	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	2	—	3	2	—	2	—	—	—	2
»	103	2	—	1	2	—	3	3	2	—	—	2	—	2	—	3	3	2	—	—	1	—	—	2	1	3
»	136	—	—	—	—	2	—	—	3	—	—	—	—	—	4	3	5	4	3	—	—	—	—	—	—	—
»	146	2	—	—	—	—	—	—	4	—	—	3	—	—	4	5	4	4	—	2	—	—	—	—	—	3
VT	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	3	4	—	—	—	2	—	—	—
»	27	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	2	—	—	4	—	—	3	4	1	—	—	3	—	—	2
»	50	—	2	—	—	1	—	—	4	—	—	—	—	—	4	—	2	1	—	2	—	1	—	—	—	—
»	70	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	2	2	—	—	—	2	—	—	3
»	76	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	2	—	3	—	—	2	—	—	—	2
»	90	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	3	—	—	3	4	—	—	—	—	—	—	3
»	102	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—	—	—	—	—	—	2
»	115	1	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	4	—	—	3	—	—	—	—	1	—	—	—
»	130	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	3	4	3	—	—	—	—	—	—	3
»	156	—	1	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	5	—	—	2	4	—	—	—	—	—	—	3
CT	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	—	—	—	—	—	—	3
»	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	1	—	—	—	2
»	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—
»	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	3	—	—	—	—	—	—	2
»	64	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	1
»	96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—
»	102	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—
»	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
»	159	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—

Abgesehen von gepflanzter Lärche beträgt die Artenzahl der höheren Gewächse auf den untersuchten Probeflächen (auch Kiefer, sowie deren Mischholzarten, worüber S. 86):

REISER:							Sträucher, Stockausschläge und Baumpflanzen oder B.-Unterbest.:								
Empetrum nigrum	*Calluna vulgaris*	*Vaccinium vitis idæa*	*V. myrtillus*	*V. uliginosum*	*Ledum palustre*	*Arctostaphylus uva ursi*	*Picea excelsa*	*Juniperus communis*	*Salix caprea*	*Betula verrucosa u. odorata*	*Populus tremula*	*Alnus incana*	*Rubus idæus*	*Pirus aucuparia*	*Rhamnus frangula*
—	6	3	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—
—	—	4	4	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—
—	1	4	4	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—
—	—	5	4	—	—	—	3	1	—	1	—	—	1	1	1
—	2	4	5	—	—	—	2	2	—	2	—	4	—	2	—
1	1	5	6	—	—	—	1	2	1	1	2	—	—	1	—
—	2	5	7	—	—	—	—	3	—	—	—	2	—	1	—
—	—	4	8	—	—	—	—	2	—	2	—	2	—	1	—
2	2	5	6	—	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—
—	—	5	6	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	1	—
—	4	4	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—
2	3	5	2	—	—	2	—	2	—	2	—	—	1	—	—
—	3	6	3	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
2	4	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	6	3	—	—	—	1	2	—	1	—	1	—	1	—
—	3	7	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2	8	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	6	4	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2	7	3	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	—
—	7	3	—	—	—	4	—	2	—	—	—	—	—	—	—
—	4	4	1	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—
—	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	5	2	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	6	5	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	7	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	5	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	4	6	3	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Im Myrtillus-Typ insgesamt 70, sowie pro Probefläche 29.
» Vaccinium-Typ » 44, » » » 19.
» Calluna-Typ » 24, » » » 11.

Boden- und Bestandesverhältnisse auf den untersuchten Probeflächen:

MT 14 jähr. Staatsforst Valkjärvi. — S-Abhang. Humusschicht 1902 teilweise verbrannt. Humusvermengter Sand. — Frühjahr 1904 Plattensaat und 1905 reichliche Naturbesamung. Die Pflanzen aus der späteren Besamung jetzt herrschend. Jungbestand stellenweise überdicht, hie und da kleinere Lücken. Sommer 1913 leicht durchforstet, die Spuren dieser Massnahme völlig geschwunden.

» 19 » Staatsforst Vesijako, Schutzbezirk Pajulahti. — E-Abhang. Etwas steinig. Humusschicht 4 cm, darunter Moräne. — Geschwendet, Kiefernvollsaat Frühjahr 1901. Frühjahr 1902 Nachbesserung mit *Quercus pedunculata* und *Larix sibirica* (Pflanzung); beide kürzlich eingegangen. Gleichmässiger, volldichter, unberührter, schöner Jungbestand.

» 30 » Staatsforst Vesijako, Schutzbezirk Pajulahti. — Eben. Steine vereinzelt. Humusschicht 3 cm, darunter Moräne. — Geschwendet, Kiefernvollsaat Frühjahr 1890. *Larix sibirica*-Pflanzung 1891, wovon 5 Ex. übrig sind. Etwas ungleichmässiger, unberührter Bestand.

» 47 » Staatsforst Vesijako, Schutzbezirk Pajulahti. — Eben. Schwach steinig. Humusschicht 4 cm, darunter Moräne. — Geschwendet, Kiefernvollsaat Frühjahr 1874. Leichte Durchforstung 1900 und 1905. Jetzt wieder vollbestockter, normaler, schöner Bestand. Im Stehen vertrocknete Bäume ziemlich reichlich, ebenso liegende Ex.

» 69 » Staatsforst Lohikoski. — Schwach gewelltes Terrain. Humusschicht 2—4 cm, darunter dunkler Sand. — Nahezu normaler Bestand, *Peridermium* hat jedoch den Bestand teilweise zu sehr gelichtet, so dass er stellenweise etwas lückig ist. Vertrocknete Ex. reichlich stehend und am Boden. Vereinzelte Birken sowie Fichten; unten ziemlich reichlicher Erlenwuchs.

» 78 » Staatsforst Lohikoski. — Moränenrücken, Bestand auf dessen Südhang. Humusschicht 2 cm, darunter dunkle Schicht, unter welcher Moräne. — Auf Brandkulturboden aus Naturbesamung hervorgegangener Bestand. Birken und Espen vereinzelt. Stehend vertrocknete Bäume gefällt. Einige Schneebrüche; reichlich Stämme am Boden.

» 96 » Staatsforst Valkjärvi. — Eben. Humusschicht 2—3 cm, darunter humusgemischter, dunkler Sand, der in ca. 30 cm Tiefe heller wird. — Schöner Bestand, stellenweise licht und kräftig, stellenweise dicht und schlank. Lücken vereinzelt.

» 103 » Staatsforst Veikkola. — Eben. Humusschicht 3 cm, darunter 10 cm humusgemischte Sandschicht, wonach bräunlicher Sand folgt. — Schöner, normaler Bestand. Trockene Bäume entfernt.

» 136 » Forstbezirk Hevosoja. — Moränenhügel, an dessen Rändern der Bestand. Humusschicht 3 cm, darunter 20 cm starker, humus-

MT 136 jähr. gemischter grauer Sand. Weiter unten steinige Moräne. — Stämmiger, teilweise Brandspuren aufweisender Bestand. Vereinzelte Bäume gefällt.

» 146 » Forstbezirk Hevosoja. — Hügelige Moräne. Humusschicht 3—4 cm, darunter graulicher Sand und steinige Moräne. — Schöner, noch zum grössten Teil spitzwipfeliger, mächtiger Bestand. Trockene Bäume entfernt.

VT 14 » Staatsgut Moisio. — Gewellter, abschüssiger Boden. Schwach steinig. Starke Streuschicht und 2 cm starke Humusschicht, darunter Moräne. — Gleichmässiger Jungbestand, aus Naturbesamung entstanden.

» 27 » Staatsforst Valkjärvi. — Schwach abschüssige, ebene Heide. Humusschicht 1 cm, darunter bräunlicher Sand. — Der Bestand aus Naturbesamung auf einer ausgedehnten Blösse, die infolge Raupenschadens entstanden war. Mit ca. 15 Jahren leicht durchforstet. Jetzt wieder volldicht.

» 50 » Staatsforst Uosukkala. — Leicht geneigter Abhang. Humusschicht 1—2 cm, darunter humusgemischter, etwas dunkler Sand, der in ca. 20 cm Tiefe heller wird. — Gleichmässiger, sehr dichter normaler Bestand. Schwacher Raupenschaden, so dass der letzte Jahrestrieb kürzer ist als die vorletzten. Birke vereinzelt.

» 70 » Staatsforst Veikkola. — Hoher Åsrücken mit ebenem Scheitel; Bestand auf dem Scheitel. Humusschicht 1 cm, darunter hellbrauner Feinsand. — Gleichmässiger, normaler, volldichter Bestand. Liegende Stämme weggeschafft.

» 76 » Staatsforst Lohikoski. — Ziemlich steiler E-Abhang. Humusschicht 1—2 cm, darunter hellbraune Moräne. — Naturdichter, einigermassen ungleichmässiger Bestand. Einige Lücken u. a. infolge *Peridermium*. Reichlich trockene Ex. stehend und am Boden. Birke vereinzelt.

» 90 » Staatsforst Valkjärvi. — Leicht geneigter S-Abhang. Humusschicht 1 cm, darunter brauner Sand und dann heller Sand. — Besonders normaler, schöner Bestand. Stämme hoch hinauf gesäubert. Einige trockene entfernt.

» 102 » Privatgut Ärrälä. — Ebener, einigermassen steiniger Boden. Humusschicht 1 cm, darunter 2 cm starke Bleisandschicht, worunter Moräne. — Stämmiger, dichter Nutzbestand. Stämme gesäubert, gesund.

» 115 » Staatsforst Veikkola. — Etwas gewellte Heide. Humusschicht 2 cm, darunter 20 bis 30 cm starke, bräunliche Schicht, worunter heller Sand. — Kräftiger, einigermassen licht gewordener Bestand. Trockene Bäume gefällt.

» 130 » Staatsforst Veikkola. — Ebene Heide. Humusschicht $1^1/_2$ cm, unten ca. 20 cm dicker, humusgem. Sand, wonach allmählich bräunlicher reiner Sand folgt. — Normaler, kräftiger Bestand. Trockene Bäume entfernt.

» 156 » Staatsforst Veikkola. — Etwas gewellter Boden. Humusschicht

VT 156 jähr. 1 cm, unten humusgem. Sand (ca. 20 cm), auf den heller reiner Sand folgt — Kräftiger, schöner, gesunder Bestand. Die Bäume noch ziemlich spitzwipfelig. Bäume teilweise von Schildborke bedeckt.

CT 14 » Staatsgut Moisio. — Schwach nach N geneigte, trockene Heide. Humusschicht 1 cm, unten etwas dunkler Sand, der in grösserer Tiefe heller wird. — Verjüngung aus Naturbesamung. Der Jungbestand ziemlich angängig, stellenweise kleinere Lücken.

» 35 » Pankakoski (A.B./W. Gutzeit & Co.). — Schwach gewellte Heide. Humusschicht 1 cm, worunter 8 cm dicke Bleisandschicht, auf die bräunlicher Sand folgt. — Jungbestand einigermassen ungleichmässig, Lücken und überdichte Stellen.

» 45 » Staatsforst Evo, Schutzbezirk Ruuhijärvi. — Etwas hügelige, trockene Heide. Steine vereinzelt. Humusschicht $^1/_2$ cm, darunter brauner Sand. — Bestand überhaupt dicht, vereinzelt kleine Blössen. Darunter seinerzeit gepflanzte, jetzt verkümmernde *Larix sibirica*-Individuen (16 Ex.).

» 50 » Staatsforst Uosukkala. — Ebene, trockene Heide. Humusschicht $^1/_2$ cm, unten steinfreier Sand. — Die Fläche seinerzeit gebrannt, Verjüngung durch Naturbesamung. Etwas ungleichmässig, hie und da kleinere Lücken.

» 64 » Pankakoski (A.B./W. Gutzeit & Co.). — Hügelige Heide. Humusschicht $^1/_2$ cm, unten 3 cm Bleisandschicht, auf die bräunlicher Sand folgt. — Auf der Brandkulturfläche aus Naturbesamung entstandener kleinerer Bestand.

» 87 » Staatsforst Pankasaari. — Ebene Heide. Humusschicht $^1/_2$ cm, unten steinfreier hellbrauner Sand. — Gleichmässiger, im Naturzustand befindlicher schöner Heide-Kiefernbestand. *Peridermium* in geringerem Masse. Birke vereinzelt.

» 96 » Pankakoski (A.B./W. Gutzeit & Co.). — Leicht nach E geneigte, ebene, trockene Heide. Humusschicht $^1/_2$—$1^1/_2$ cm, unten 10 cm Bleisandschicht, worauf Feinsand folgt. — Gleichmässiges, normales, ausgedehntes Waldgebiet.

» 102 » Staatsrevier Lieksa (im früheren 10. Schutzbezirk d.s Staatsreviers Jongunjoki). — Ebene, steinlose, trockene Heide. Humusschicht 1 cm, unten feiner Sand. — Gleichmässiger, unberührter, normaler Bestand.

» 130 » Staatsrevier Lieksa (im früheren 11. Schutzbezirk des Staatsreviers Jongunjoki). — Hügelige, in einen See auslaufende Landzunge. Humusschicht $^1/_2$—1 cm, unten gleichmässig hellwerdender brauner Sand. — Ziemlich normaler, stellenweise überdicht erhaltener Bestand.

» 159 » Staatsrevier Lieksa (im früheren 9. Schutzbezirk des Staatsreviers Jongunjoki). — Ebene, ausgedehnte, trockene Heide. Humusschicht $^1/_2$—1 cm, unten feiner Sand. — Gut erhaltener naturnormaler Bestand. Vertrocknete Bäume stehend und liegend.

* * *

Dass das Material trotz der sorgfältigsten Waldbesichtigung nicht in jeder Beziehung völlig fehlerfrei ist, konnte Verf. nicht verhindern. Es war einfach nicht möglich, in den Wäldern Finnlands eine Probeserie zu finden, die bis in die Einzelheiten g l e i c h z e i t i g alle Anforderungen des Verf. erfüllte, nämlich:

1) dass der Waldtyp in jedem Probebestand unbedingt typisch war (etwa in der Mitte des Typenspielraums lag),
2) dass der Bestand seiner Holzart nach ganz rein war,
3) » » » absolut gleichaltrig war,
4) » » » »volldicht» und frei von Oberbeschattung entstanden und so während seiner ganzen Entwicklung geblieben war, — dass er auch nicht Kultur- und Naturverheerungen zum Opfer gefallen — kurz, seiner Beschaffenheit nach »naturnormal» war,
5) dass die Probebestände bei jedem untersuchten Typ eine solche Reihe bildeten, dass jedes 20-jährige Altersintervall bis zum 160. Lebensjahre vertreten war.

Dass das Probematerial des Verf. andrerseits nicht erheblich von dem aufgestellten Programm abweicht, sondern dass es im Gegenteil — im Hinblick auf die durch aussergewöhnlich lange Lebensdauer und zahlreiche Verheerungsmöglichkeiten charakterisierte Besonderheit des Waldbestandes — hohe Anforderungen erfüllt, dürfte die vorliegende Untersuchung zeigen. — Bis dahin seien die angedeuteten Abweichungen und deren Beschaffenheit durch einige vorläufige Angaben charakterisiert.

1) Der W a l d t y p konnte auf jeder Untersuchungsfläche befriedigend bestimmt werden. Nur in einem Falle — im jüngsten Bestand der Myrtillus-Typenreihe — war die Pflanzendecke infolge eines früheren Waldbrandes noch nicht in einem solchen Gleichgewichtszustand, dass der Typ hätte ohne weiteres mit Sicherheit festgestellt werden können; die Frage war, ob die Fläche zum Myrtillus- oder zum Vaccinium-Typ gehörte. Einige ihrer Pflanzenarten, ebenso der üppige Wuchs von Calluna, machten es jedoch wahrscheinlich, dass die Fläche zum Myrtillus-Typ zu zählen war. Die Entscheidung blieb jedoch auch hier nicht fraglich, denn dieser Jungbestand wurde auf zwei Seiten von einem typischen Myrtillus-Alterswald auf Boden derselben Art begrenzt, welcher auch wahrscheinlich den schönen Jungwuchs in der Hauptsache hervorgerufen hatte. Darüber schienen keine Zweifel zu bestehen, dass die fragliche Fläche zu dem vom Randwalde charakterisierten Typ gehörte. (Vgl. z. B. Linkola 1916, S. 124 ff.; 1921, S. 133 ff., Tab. I—IV; 1922 a.)

2) Im allgemeinen wird der Bestand hinsichtlich einer bestimmten Holzart als »rein» angesehen, wenn wenigstens 90 % seiner Grundfläche von der betreffenden Holzart besetzt sind (z. B. Arbeitsplan — — 1874—1880 (S. 385)).[1] Das Untersuchungsmaterial erfüllte diese Anforderung ausgezeichnet. Die meisten Probebestände waren absolut reine Kiefernbestände (23 Ex.), und wo Mischung vorhanden war, trat sie in so geringem Masse auf, dass der Kiefer hinsichtlich des erwähnten Prozentverhältnisses noch ein beträchtliches Plus blieb. Dies geht aus folgender, die Beträge der in den Probebeständen vorgekommenen Mischholzarten erläuternden Aufstellung hervor (Tabelle III):[2]

Tabelle III. Prozentualer Anteil der Mischholzarten an der Gesamtgrundfläche des Probebestandes.

Waldtyp	Bestandesalter	Art der Mischhölzer	Grundflächenprozente
MT	30	Lärche	2,1
»	69	Birke und Fichte	6,9
»	78	Birke und Espe	2,1
VT	50	Birke	0,3
»	76	Birke	0,8
CT	45	Lärche	2,4
»	87	Birke	1,7

Die Baumindividuen dieser Mischholzarten wurden in der Untersuchung als den Kiefern gleichwertige Bestandesfaktoren betrachtet.

[1] Es ist vorgeschlagen worden, auch reichlichere Mischungen als die genannten 10 % zu gestatten, z. B. 20 % (Arbeitsplan — — 1874—1880 (S. 385 Fussnote); Arbeitsplan — — 1881 (S. 203)) und 25 % (Arbeitsplan — — 1897, S. 2). Übrigens ist in diesen Bestimmungen nicht erwähnt, ob die Mischungsprozente von der Stammzahl, der Grundfläche oder dem Volumen gelten sollen. In verschiedenen Fällen kann es auch angebracht sein, ein verschiedenes Charakteristikum anzuwenden. Verf. hat, wie z. B. MAASS (1911 b, S. 197), die Grundfläche als Vergleichungsgrundlage gewählt. (Vgl. auch Arbeitsplan — — 1874—1880 (S. 364).)

[2] Die in gewissen Probebeständen aufgetretenen Unterbestandesanfänge sind bei dieser Berechnung nicht in Rücksicht gezogen worden. Wo sich solche übrigens fanden, waren sie von relativ geringem Betrage (vgl. Pflanzenverzeichnis S. 81).

3) Die zur Untersuchung gewählten Bestände waren alle ihrem äusseren Habitus nach Gleichaltrigkeitsideale. Dass jedoch auch bei einigen von diesen bei näherer Untersuchung Altersunterschiede bemerkt wurden, ist nach der obigen Ausführung nicht zu verwundern. Dieser Umstand hat jedoch den Wert des Materials nicht verringert, denn die Verschiedenaltrigkeit spielte zur Zeit der Untersuchung keine Rolle mehr. — Dass jedoch die Verschiedenaltrigkeit Bedeutung für die Analyse-Weiseruntersuchungen der Bestände haben kann, ist klar, aber dieser Umstand gehört noch nicht in den Rahmen dieser Untersuchung.

Manche Bestände waren jedoch ganz gleichaltrig — einige waren ja auch aus Brandkultursaat entstanden. In anderen betrugen die Altersunterschiede ein oder ein paar Jahre. — Die wenigen Bestände, die grössere Altersunterschiede zeigten, waren:

MT; die Alterszahlen der 12 Probestämme eines als 96-jährig bezeichneten Bestandes, in bestimmter Klassenfolge (hierüber weiter unten) aufgezählt, waren:
90, 90, 90, 100, 100, 108, 90, 100, 100, 90, 90, 100 J.

VT; 130-jähriger Bestand, ebenso:
123, 133, 133, 123, 133, 123, 123, 133, 133, 133, 133, 133 J.

CT; 159-jähriger Bestand, ebenso:
160, 157, 160, 157, 160, 157, 160, 157, 160, 160, 160, 157 J.

Die Altersunterschiede wurden nach der Art des einfachen arithmetischen Mittels ausgeglichen. Es konnten nämlich an dem Probestammmaterial keine solchen bedeutsamen biologischen Beobachtungen gemacht werden, die die Alterswägung mit den Stammzahlen der von den Probestämmen vertretenen Baumgruppen bzw. mit deren Grundflächen oder Volumina motiviert hätten. Die erhaltenen Mittelwerte vertreten somit die Alterszahlen der entsprechenden Bestände. [1]

4) Als »normale« und »volldichte« Bestände wurden — im Hinblick auf die Art der Untersuchung — die »besten« im Naturzustand befindlichen Bestände betrachtet, die die Natur in den fraglichen Fällen nach vorgenommenen Beobachtungen hatte schaffen können. Von solchen

[1] Ein derartiges ungewogenes »Probestammalter« wird natürlich nur in solchen »gleichaltrigen« Beständen verwendet, in denen die Altersunterschiede nicht gross sind und sich keine Altersschichtung beobachten lässt. (Vgl. z. B. Arbeitsplan — — 1874—1880 (S. 392—394).) Dieser Mittelwert ist auch mit gutem Grunde in dergleichen Fällen allgemein in Gebrauch; erwähnt seien z. B. Schuberg (1888, S. 104), Flury (1903, S. 27), Maass (1911 b, S. 202).

Beständen wurden demnach die bereits oben erwähnten Eigenschaften verlangt — insofern nämlich, als die Erfüllung solcher Bedingungen im allgemeinen zu beurteilen war —, dass sie nahezu volldicht entstanden, frei von Oberbeschattung gewachsen und entwickelt, sowie dass sie von bedeutenderen Naturschäden und Kultureinflüssen nahezu unberührt geblieben waren.

Sowohl die durch verschiedene Anfangsdichte wie durch verschiedene Behandlung hervorgerufenen verschiedenartigen Normalformen der Stammzahlen und der Geschlossenheit des Bestandes konnten somit in dieser Untersuchung keinen Platz finden. Daher konnten hier auch keine solchen Bestandesklassifikationen, wie sie z. B. SCHUBERG (1880; 1888, z. B. S. 93 ff., »stammarme, Mittel-, stammreiche» Bestände), SCHIFFEL (1904, »Dichtschluss (Vollschluss), Mittelschluss, Lichtschluss»), CAJANUS (1914, ziemlich so wie SCHUBERG) u. a. angewandt oder vorgeschlagen haben, in Frage kommen. In dieser Untersuchung vertritt mit anderen Worten nur e i n e Wuchsreihe je eine Bonität.

Auch nicht der von WEISE (1880, S. 1) ausgesprochene Gedanke, dass das Ertragstafelmaterial auf grösseren Flächen entwickelte »vollgute» Bestände zur Grundlage haben müsse, konnte hier zur Anwendung kommen, denn einerseits lag nicht, wie erwähnt, die Absicht vor, Ertragstafeln aufzustellen, und andrerseits musste vor allem nur daran festgehalten werden, dass die Probebestände »geschlossen und gleichmässig» waren, — und derartige Forderungen erfüllen grössere Waldflächen gewöhnlich nicht.

Die von TH. HARTIG (1847 (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 183, 344, 447)) hervorgehobene Tatsache, dass nur k l e i n e r e, d u r c h d a s M a x i m u m d e r P r o d u k t i o n erkennbare Flächen im allgemeinen g l e i c h m ä s s i g e W u c h s r e i h e n zu zeigen vermögen, da nur solche Bestände annähernd unberührte und im Wachstum ungestörte Bestandesverhältnisse repräsentieren können, wurde auf diese Weise tatsächlich zur Richtschnur dieser Untersuchung. Die auf diesem Prinzip basierte Definition der Normalität der Bestände wurde nach HARTIG unter denen, die Ertragstafeln ausgearbeitet oder entworfen haben, recht allgemein benutzt. Sie wurde befolgt z. B. von v. BAUR (1881, S. 30), FLURY (1907, S. 267), MAASS (1911 b, S. 197). (Vgl. auch A r b e i t s p l a n — — 1874—1880 (S. 362—364, 408—409, 446).) —

Die Frage von der Normalität wird weiter unten im Zusammenhang mit der Prüfung der Homogenität des Bestandesmaterials einer spezielleren sowohl theoretischen als praktischen Betrachtung unterworfen.

5) Die diesbezüglichen Forderungen (siehe oben) sind, wie ein Blick auf Tabelle I zeigt, erfüllt worden.

Die Aufnahme der Probebestände.

Bei der Auswahl der Probebestände war somit das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, dass die oben in den Punkten 1) — 5) genannten Anforderungen erfüllt waren.

Bei der vorbereitenden Untersuchung der Probeflächen mussten die Bestände kreuz und quer durchstreift werden, um ein sichreres Bestandesbild zu erhalten. Damit die Objektivität der Untersuchung voll gewährt blieb, war es jedoch wichtig, dass die Durchmusterung hinsichtlich des allgemeinen Zustandes des Bestandes nur nach dem Augenmass geschah. Dagegen wurden nach Möglichkeit solche Umstände genauer untersucht, wie z. B. die Entstehungsweise und -dichte des Bestandes, die relative Gleichaltrigkeit, etwaige Kalamitäten, eventuell vorgenommene Hiebe usw. Auch sei erwähnt, dass die schliessliche Gesamtbehandlung des Bestandesmaterials und die vergleichende Untersuchung erst begann, als das Material in seinem ganzen Umfang beisammen war. Bis dahin konzentrierte sich die nähere Untersuchung des Probematerials lediglich auf die Zuwachsanalyse der Probestämme. —

Die Mindestgrösse der Probefläche wurde davon abhängig gemacht, auf wie kleiner Fläche die normale innere Struktur des Bestandes befriedigend charakterisiert werden konnte. Je älter der Bestand war, um so grösser musste die Untersuchungsfläche gewöhnlich sein.

Die Erweiterung der Fläche über die angenommene Mindestfläche war ihrerseits davon abhängig, ob die Massnahme hinsichtlich der Ausdehnung und des Zustandes des Bestandes möglich war. Es war natürlich vorteilhafter, sich mit einem kleineren normalen Material zu begnügen, als die Fläche über den als notwendig angesehenen Betrag auf die Gefahr hin zu erweitern, dass die Homogenität verloren ging — obgleich ein grösseres Material andrerseits grössere Zuverlässigkeit bot. Die Entscheidung war jedesmal in casu zu treffen. Bei diesem Verfahren betrug die Grösse der Probefläche im besten Falle $^1/_2$ ha. Eine Übersicht über die Grössenvariationen der Probeflächen bietet die graphische Darstellung 41. — Die für gut befundenen Bestandesflächen wurden in der üblichen Weise abgegrenzt.

Die Form der Probeflächen war soweit möglich quadratisch. Immer konnte jedoch eine Fläche von dieser Form wegen der stellenweise Abnormität des Bestandes nicht erhalten werden. So kam bisweilen das Rechteck und mitunter auch eine andere Form in Frage. — In gewissen Fällen musste auch wegen einer abnormen Stelle innerhalb der Hauptgrenze eine Kerbe gemacht werden.[1] —

Nach Abgrenzung der Probefläche und Messung des Areals begann die nähere Untersuchung der Baumindividuen, deren Charakterisierung und Vermerkung.

Die Bäume wurden auf mannigfache Weise untersucht. Den verschiedenen Abschnitten der Untersuchung gemeinsam war die Klassifizierung der Bäume in die oben definierten Entwicklungsklassen. Bei der Klassennotierung wurde jedoch folgende für die Untersuchung wichtige Einschränkung vorgenommen.

Die Untersuchung ging darauf aus, die Konkurrenz im Bestandesinnern zwischen den Bäumen sowie die Baumformen nebst deren Zahlen- und Grössenverhältnissen, die ein solcher Kampf erzeugt, zu charakterisieren. Ein Ergebnis dieses Kampfes ist die Verminderung der Stammzahl, also das Absterben von Baumindividuen. Im Zusammenhang damit ist natürlich auch eine erhebliche Krankheitsfrequenz unter den verkümmernden Baumindividuen zu beobachten, die besonders auf der herabgesetzten Widerstandskraft sowie auf sonstigen von der Verkümmerung herrührenden Veränderungen des Baumes beruht.

Wenn nun in vorliegender Untersuchung alle die Individuen genau untersucht und auch für sich notiert und aus der »echten» Baumklassengruppe ausgesondert worden wären, an denen nur irgendwie ein derartiger Krankheits- oder anderer Fehler bemerkt worden wäre, so wäre offenbar das Material für den eigentlichen Untersuchungszweck nicht mehr sachlich gewesen. Es war daher von grosser Wichtigkeit, den Untersuchungsgegenstand unabhängig von einer zufälligen kleineren oder grösseren Krankheits- und Fehlerfrequenz der Bäume zu erforschen.

Dieses Ziel wurde zum Teil dadurch erreicht, dass die Probeflächen nach Möglichkeit in gesunden Beständen angelegt wurden, teilweise dadurch, dass geringeren Krankheiten und Defekten keine Beachtung ge-

[1] Auf den ständigen Versuchsflächen der Versuchsanstalten wird ebenfalls nach einem solchen Verfahren eine möglichst kritische Materialbeschaffung erstrebt; vgl. z. B. SCHOTTE (1923 a, S. 3).

schenkt wurde. Ausserhalb der »echten» Klassenlinie blieben somit nur folgende Individuen:

- Bäume mit übernormal erweiterter Krone, »Wölfe»,
- Bäume, bei denen sich ein so bedeutender Stammfehler fand, dass sie wegen der abnorm gestalteten Krone oder des abnormen Stammes zu keiner echten Klasse gezählt werden konnten (diese Bäume hätten nämlich die Normalitätsuntersuchung der Variationsgesetze der Krone oder des Stammes gestört),
- × entsprechend auch kranke Bäume,
- † abgestorbene Bäume.

Das Material blieb so hinsichtlich der Untersuchungsfrage sachlich und reichlich, wobei derartige als »unecht» bezeichnete Erscheinungen nicht nennenswert auf die Charakterisierung der Variationsgesetze der echten Baumklassen einwirken konnten. — Das Verfahren war natürlich auch dadurch motiviert, dass diesmal ja nicht beabsichtigt war, den relativen Gesundheitszustand der Bestände zu untersuchen.

Die so gebildeten unechten Baumklassen wurden bei allen Untersuchungen für sich behandelt. Wenn es sich um Etagengesamtheiten handelte, wurden sie natürlich in Berücksichtigung gezogen und ebenso bei Gesamtcharakterisierung des Bestandes.

Wegen ihrer sehr geringen Individuenfrequenz konnten diese Klassen in der abschliessenden Darstellung der Untersuchung in jeder Etage zu

Tabelle IV. Prozentualer Anteil der unechten Baumgruppe an der Gesamtgrundfläche des Probebestandes.

Myrtillus-Typ				Vaccinium-Typ				Calluna-Typ			
Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe	Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe	Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe	Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe	Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe	Bestandesalter	Grundflächenprozente der B-Gruppe
14	—	78	1,3	14	3,5	90	1,9	14	0,4	87	8,9
19	—	96	3,4	27	0,8	102	—	35	—	96	7,8
30	1,3	103	—	50	3,7	115	—	45	2,8	102	0,4
[illegible]	2	136	2,0	70	2,0	130	2,8	50	0,5	130	—
9	2	146	—	76	—	156	2,2	64	4,5	159	0,4

einer einzigen Gruppe B der unechten Baumklassen vereinigt werden, obgleich sie bei den Berechnungen konsequent ihre eigene freie Behandlung erfuhren. Als eine solche B-Gruppe treten sie auch in einigen graphischen Darstellungen auf, während sie in anderen wegen ihrer geringen Stammzahl und der Kleinheit des Massstabes nicht sichtbar werden.

Die Grundflächen der B-Gruppe der Probebestände zeigen folgende Prozentbeträge von den Gesamtgrundflächen der Bestände (Tabelle IV).

* * *

In den Probebeständen wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

1. Alle Bäume der Probefläche wurden mit Rücksicht auf die Baumentwicklungsklassifizierung beurteilt, wobei ein Protokoll entstand, das die Stammzahl der verschiedenen Baumklassen anzeigte. Unterschieden wurden vier Etagen (1, 2, 3, 4) und bei jeder von diesen drei echte Baumklassen (a, b, c) sowie die obenerwähnten unechten Klassen. — Auch stehende abgestorbene Bäume wurden für sich vermerkt.

Alle stehenden Bäume wurden bei der Zählung in Betracht gezogen, also nicht nur die, die z. B. die Brusthöhe erfüllten. Schon die zuverlässige Ermittlung der Stammzahlenabnahme verlangt eine Berücksichtigung der ganzen Stammzahl. Eine andere Sache ist es dann, dass die eventuell vorzunehmenden Brusthöhenuntersuchungen biologisch nicht völlig einwandfrei werden, ehe alle Individuen diese Höhe überschritten haben. Hierüber unten mehr.

Bei dieser Klassenbeurteilung und Baumzählung wurde natürlich sorgfältig darauf gesehen, dass nicht etwa Baumindividuen von der Art des Unterbestandes mitgerechnet wurden. Im volldichten gleichaltrigen Kiefernbestand liegt übrigens eine solche Gefahr nicht besonders nahe. — Überhälter fanden sich auf keiner einzigen Probefläche. —

Was unter den echten Baumklassen a, b und c bei dieser Klassenabschätzung verstanden wurde, ist schon früher auseinandergesetzt worden. Dagegen dürfte es vielleicht angebracht sein, etwas näher die Abschätzung der Etagen oder die Schichtungserscheinung des Bestandes zu betrachten.

Wie S. 15—16 erwähnt, charakterisiert SCHOTTE die Schichtung durch gemeinsame feste Höhenverhältniszahlen sowohl für verschiedene

Standorte als auch für verschiedene Altersstufen. Hinsichtlich der Holzarten macht er einen Unterschied zwischen »Licht- und »Schattenhölzern», wobei er besonders die Kiefer einer Klasse für sich zuweist.

Es kann jedoch kein Zweifel darüber bestehen, dass wenigstens gewisse Altersstufen im Vergleich zueinander wie auch verschiedene Standorte ihrer Struktur nach so verschiedene Baumbestände hervorbringen, dass ein einziges gemeinsames Schema für die Charakterisierung ihrer Schichtung nicht ausreichen kann. Ebenso kann man sich für die verschiedenen Holzarten hier gewiss nicht mit einer blossen »Licht- — Schattenhölzer»-Einteilung begnügen.

Wenn nun auch Schotte's Kronenschichtenschema (vgl. S. 15) wohl nicht so kategorisch zu verstehen ist, wie die darin angegebenen Teilhöhen vermuten lassen, so besitzt es doch keine elastische Anpassungsfähigkeit gegenüber den erwähnten verschiedenartigen biologischen Grundfaktoren. Es bindet im Gegenteil durch seine Verhältniszahlen den Taxator ziemlich eng an diese Skala.

Man könnte vielleicht behaupten, dass der Vorteil eines derartigen absichtlich an bestimmte Verhältniszahlen gebundenen Schemas gerade diese Starrheit der Methode sei, die den subjektiven Meinungen des Taxators keinen Platz einräumt, sondern das Material gleichmässig gestaltet. Ein solcher »Vorteil» scheint jedoch allzu theoretischen Charakters zu sein.

Andrerseits ist es nämlich gar nicht leicht, eine derartige feste Schätzung vorzunehmen. Dazu sind die vorgeschlagenen Grenzverhältniszahlen der Etagen zu unbequem (besonders bei der Kiefer: 13/15—11/15—9/15 von der Obergrenze der Oberhöhe), zumal wenn man in Betracht zieht, dass die Maximalhöhe, hinsichtlich deren der Vergleich anzustellen ist, nicht immer neben dem zu schätzenden Baume vertreten ist, sowie dass die Schätzung, wenigstens zum grössten Teile, nach Augenmass vorzunehmen ist. Jedenfalls hegt Verf. die Ansicht, dass die auf dem »Beherrschungs»prinzip fussende biologische Etagenschätzung viel klarer und leichter ausführbar ist als eine feste Schichtentaxierung der erörterten Art.

Aber selbst wenn eine solche feste Schätzung gelänge, ist das Verfahren immer noch nicht als sachlich richtig anzusehen. Prüft man nämlich dieses Schema vom Standpunkt der Anforderungen der biologischen Klassifikation, so ist klar, dass es, anstatt sich elastisch den biologischen Begriffen anzupassen, um derentwillen und für deren Klassifizierung es geschaffen ist und die einfach nicht konstant sein

können, durch seine Starrheit denselben Begriffen prinzipiell Gewalt antut. Biologische Bezeichnungen wie herrschend, mitherrschend usw., die die Klassifikation vervollständigen, verlieren teilweise ihre Bedeutung, und die Methode wird als Ganzes — zu einem mechanischen Klassifizierungsverfahren.

Es ist somit von vornherein klar, dass SCHOTTE's Schichtungsschablone in dieser Untersuchung nicht in Frage kommen konnte, in der die innere Struktur des Kiefernbestandes ebensowohl an verschiedenen Standorten wie auch während dessen langer und abwechslungsreicher Lebenszeit zu untersuchen war und in der die wesentlichen biologischen Gesetzmässigkeiten der inneren Struktur des Bestandes — unabhängig von allen voraus konstruierten künstlichen Grenzen — nach Möglichkeit charakterisiert und definiert werden sollten.

Verf. musste sich so nach freiem Ermessen eine Anschauung darüber bilden, was unter jenen biologischen Benennungen jeweils zu verstehen war. Die Ergebnisse, zu denen er in dieser Untersuchung gekommen ist, werden weiter unten des näheren auseinandergesetzt.

2. Die Bäume der Probefläche, die die Brusthöhe erfüllten, wurden in dieser Höhe ihrer Stärke nach gemessen. Da dies gleichzeitig mit der vorhergehenden Arbeit geschah, gab das Baumklassenprotokoll zugleich die Stammverteilung einer jeden Baumklasse in bezug auf den Brusthöhendurchmesser an.

Als »Brusthöhe» wurde die jetzt übliche von 1,3 m über dem Boden genommen. Unter dem »Bodenpunkt», von dem aus das erwähnte Mass abgelesen wurde, wurde der vom Niveau des Waldbodens aus bestimmte Punkt am unteren Stammende verstanden.[1] Zur jedesmaligen Nachprüfung der Brusthöhe wurde ein 1,3 m langer Stock benutzt.

[1] Der Bodenpunkt entsprach auf diese Weise gut dem »Entstehungspunkt» des Baumes (Wurzelhals der Keimpflanze), was für die Konformierung der nachmaligen Alters- und Wachstumsuntersuchungen der Bäume von Wichtigkeit war. Eine solche Bodenpunktdefinierung hat auch z. B. SCHOTTE gemacht (1923 a, S. 5).

Andere Forscher haben den Bodenpunkt anders charakterisiert. So betrachtete z. B. MAASS (1913 a, S. 47) als den Bodenpunkt der Kiefer einen Punkt, der sich auf der Fläche des den untersten Stammteil bedeckenden Mooses und der Reiser daselbst befindet und somit oft beträchtlich oberhalb des Bodenniveaus liegt, wogegen er jedoch für die Fichte gleichzeitig das umgekehrte Verfahren einschlug, indem er diesen Punkt zwischen die oberirdischen Wurzelteile verlegte, so dass hier der Punkt bis-

Die Durchmesserermittlung wurde in der Weise vorgenommen, dass die Kluppe abwechselnd $^1/_2$ R nach rechts und nach links von der Messungsrichtung gedreht wurde. Grössere Genauigkeit wäre hier unnütz gewesen, da auch dieses Verfahren schon die systematischen Exzentrizitätsbildungen der Stämme praktisch betrachtet ausgleicht. [1]

Das Massintervall betrug entsprechend den Forderungen der Baumentwicklungsklassifikation 1 cm in der Weise, dass es von einem Halbzentimeterstrich zum folgenden als Zentimeter gelesen wurde unter Verwendung der »ausgleichenden« Klassifizierung. Wenn die Baumklassen zu Etagen bzw. zu der Bestandesgesamtheit vereinigt wurden, war es leicht, für ein weiteres Intervall auch die Klassen miteinander zu vereinigen. — In einem Falle war es geboten, auch ein kleineres Intervall zu verwenden, nämlich $^1/_2$ cm (im jüngsten Probebestande von CT). [2]

weilen unter dem Bodenniveau zu liegen kommt. Die schweizerische forstliche Versuchsanstalt verfährt bei der Brusthöhenmessung folgendermassen (FLURY, z. B. 1903, S. 15): »Der Distanz von 1,3 m dient als Basis ausnahmslos die Stelle, wo der Stamm an der Bergseite den Boden verlässt, also seine nutzbare Länge beginnt.» (Vgl. auch KNUCHEL 1925 a, S. 170.) Ebenso z. B. die österreichische forstliche Versuchsanstalt (Arbeitsplan — — 1897, S. 13; Instruction — — 1901, S. 66) usw.

[1] Siehe z. B. GRUNDNER (1882), der durch seine Versuche gezeigt hat, dass eine derartige Exzentrizitätsausgleichung zu sehr guten Ergebnissen führt. GRUNDNER zählt im gleichen Zusammenhang eine grosse Menge diese Frage behandelnde Untersuchungen auf. Erwähnt sei in dieser Hinsicht besonders auch FLURY (1891 b, S. 376).

[2] Auch der V. d. f. V. A. bestimmt, dass bei Ertragstafeluntersuchungen ein Intervall von 1 cm zu verwenden ist, und zwar ebenfalls mit Bezeichnung nach ganzen Zentimetern (Arbeitsplan — — 1874—1880 (S. 391—393)).

Für mathematisch-statistische Berechnungen schlägt CHARLIER (1910, S. 15 und 1920, S. 16, Fussnote) eine von der Dispersion oder dem Spielraum abhängige Intervallgrösse vor (für Reihen, die bestimmte Homogenitätsforderungen erfüllen):

$$2w < \sigma < 4w,$$

bzw.

$$w = \frac{x_{max} - x_{min}}{20} \quad \text{(abgerundet)},$$

wo w = Intervallweite, σ = Dispersion, x = Variantenwert. (Siehe unten die weitere Behandlung.)

Gegen ein solches relativ enges Intervall haben gewisse dänische Forscher, als erster H. PRYTZ (1888, Publ. 1889), später C. V. PRYTZ (1888), HORNEMANN (1891) u. a. (siehe auch z. B. A. OPPERMANN 1905, METZGER 1920 und RATKEN-FINI 1922, sowie CHARLIER 1920, S. 101 ff.) angeführt, dass sich GAUSS' normale Verteilungsreihe theoretisch auch durch bloss drei Intervalle charakterisieren lässt (das mittlere auf bestimmte Weise ausgewählt). Wo somit die Stammverteilung des Bestandes

Das erste Intervall der verwendeten Einteilung begann also nicht mit Null, sondern mit einem halben Zentimeter. Eine derartige Intervallteilung wurde deshalb als sachgemäss betrachtet, weil eine Stärke unter einem halben Zentimeter in Brusthöhe kaum zu finden ist. Die schlanksten Ermittlungsstellen, die hier in Frage kommen, sind nämlich einjährige Triebe. Diese scheinen jedoch in Brusthöhe recht stark zu sein.

Eine vom Verf. angestellte Spezialuntersuchung zur Feststellung dieser Stärke zeigte als Minimalstärke 3 mm, aber auch bei diesem Triebe betrug das Mass, wenn die Nadeln mitgemessen wurden, $^1/_2$ cm. Der stärkste Jahrestrieb des Untersuchungsmaterials zeigte seinerseits 13 mm ohne Nadeln. Im allgemeinen schwankte die Stärke zwischen $^1/_2$—1 cm. — Die untere Grenze von $^1/_2$ cm war somit ein sachgemässerer Ausgangspunkt als Null. Das Intervall von $^1/_2$ zu $^1/_2$ cm bot auch den Vorteil, dass beim Abrufen ganze Zahlen verwendet werden konnten.

Die Individuen unter Brusthöhe wurden bei dieser Messung der »Nullgruppe» zugewiesen, deren nähere Charakterisierung später behandelt wird.

3. Von einem Teile der Probefläche, der in seiner Grösse nach dem Bestandesalter zwischen 1—9 a schwankte, wurde eine Stamm- und Kronenkarte angefertigt. Diese Fläche wurde in Quadrate von 1 a Grösse eingeteilt. Bei diesen wurde die Lage der Stämme mit zwei 5 m langen Messlatten bestimmt. Die Entwicklungsklasse der Bäume und der Brusthöhendurchmesser wurden notiert. Der Massstab der Karte war 1 : 100. [1]

Auf der so erhaltenen Stammkarte wurden die Kronenprojektionen der Bäume eingezeichnet sowohl unter Benutzung einer aufrechten Latte unter dem Kronenrande zur Markierung dieses Randes (in vier Richtungen) wie auch durch Okularschätzung. Das letztere Verfahren

nahezu die Eigenschaften einer solchen Reihe besitzt, kann man sich auch bei der Charakterisierung derselben mit drei entsprechend gewählten Intervallen begnügen. — Mit der dänischen »Doppelkluppe» und dem »Doppelhöhenmesser» (von H. PRYTZ erfunden) kann eine derartige Dreiteilung bequem ausgeführt werden. Wenn jedoch die höheren Charakteristika der Stammverteilungsreihe zu bestimmen sind, bietet dieses Verfahren nicht genügende Genauigkeit. — Vgl. die Charakterisierung der Höhenverteilung des Bestandes weiter unten.

[1] Das Verfahren rührt von BLOMQVIST her (1879, S. 148 ff.). Neben der Kartierung der Bäume nahm BLOMQVIST auch die Hauptkonturen der Bodenvegetation auf. — Später hat z. B. SCHOTTE (1912, S. 229 ff.) ein gleichartiges Verfahren verwendet.

wurde vor allem in Beständen angewandt, in denen die Bäume relativ nahe beieinander wuchsen, also in jungen Beständen; die Methode erwies sich als recht befriedigend; es war leicht, eine Schätzung auf Grund einer genauen Stammkarte vorzunehmen.

Versuchsweise wurde auch CAJANUS' gerade für diese Zwecke konstruierter Spiegelreflextubus benutzt [1], aber die Arbeit mit demselben ging wegen des kleinen Gesichtswinkels im Vergleich zu der ziemlich ebenso genauen Lattenmarkierung langsam von statten.

Auf so abgegrenzten Spezialflächen wurde noch die Verteilung der c-Bäume auf ihre Unterklassen untersucht. Das Material ist in dieser Beziehung jedoch ziemlich beschränkt.

4. Bei jeder Etage wurden zwecks Untersuchung der mittleren Höhe etwa zehn Höhenschätzungen vorgenommen. Die Schätzungen fanden in jeder echten Baumklasse statt (3 a fehlte zweimal, 4 a viermal). Sie wurden mit AF FORSELLES' auf arithmetischer Teilung beruhendem, vom Verf. verfertigtem Handhypsometer vorgenommen, bei dem $1^1/_2$ cm einem Meter Baumhöhe entsprach. Die Vergleichsmesslatte war 5 m lang. [2]

Die Schätzungszahlen wurden als Ordinaten in ein Koordinatensystem eingetragen, auf dessen Abszisse die Brusthöhendurchmesser aufgetragen waren. Aus den entstandenen Punktreihen wurden die schätzungsweisen mittleren Höhen der Etagen erhalten. [3]

---

[1] Nicht publiziert.

[2] AF FORSELLES' finnischer Hypsometer war anfangs stabförmig. — Mehrere später konstruierte Hypsometer (AF FORSELLES machte seine Erfindung wahrscheinlich in den 60er Jahren des vorigen Jahrh.), wie z. B. die Apparate von V. HAMMERSTEIN (1882), HUB (1892), KOFOED-HANSEN (1901), HÜNI (1905), VORKAMPFFLAUE (1905), SEGELCKE (RAIKEN-FIND 1922, S. 31 ff.), BÜCHI (1925) u. a. fussen auf demselben Einteilungsprinzip. Wie bekannt, bietet diese von AF FORSELLES angewandte Skaleneinteilung folgende Vorteile gegenüber der CHRISTEN'schen (1891): die Schätzungsgenauigkeit ist in gewisser Hinsicht theoretisch unabhängig von der Baumhöhe; alle auf denselben Baum bezogenen Höhenschätzungen (gesamte Baumhöhe, Höhe des astreinen Stammteils usw.) können nacheinander mit derselben Apparatlage hinsichtlich des Auges vorgenommen werden; die Länge des Vergleichsmasses ist beliebig und kann ebenso absolut wie relativ zu der Baumhöhe bestimmt werden, ohne dass dadurch besondere weitere Berechnungen nötig werden. — Die arithmetische Hypsometereinteilung war somit für die Forschungsarbeit des Verf. unbedingt am vorteilhaftesten.

[3] Was die verschiedenartigen statistischen Mittelwerte betrifft, die im allgemeinen bei Berechnung des Mittelwertes in Frage kommen können, ist es in diesem Falle,

Für eine vorläufige genauere Charakterisierung der Höhenverteilung des Bestandes nahm stud. rer. forest. N. A. HILDÉN unter Leitung des Verf. gewisse Höhenuntersuchungen vor, bei denen die Höhe aller Bäume der Probebestände gemessen wurde. Als Mass diente eine längere oder kürzere Latte, und die Messungen wurden auf Bestände unter 15 m Höhe beschränkt. Diese Bestände gehörten nicht zum Probematerial des Verf.

5. Nach Untersuchung der Stammzahl, der Durchmesserverteilung (und mithin auch der Grundfläche) sowie der Höhe war also das Volumen (bzw. die relative Volumzahl oder die sog. Formzahl) des Stammes (Bestandes) zu bestimmen.

Bei dieser Bestimmung konnte sich natürlich der Verf. nicht mit Massen- (bzw. Formklassen-, Formpunkt- u. a.) Tafeln zufriedengeben, sondern die Untersuchung war durch unmittelbare Probestammkubierungen vorzunehmen. Da nun die Zahl der echten Baumklassen bei der Klassifizierung des Verf. 12 betrug und es angebracht war, jede Klasse besonders zu behandeln, so betrug mithin die geringste in Frage kommende Probestammzahl ebenfalls 12. Da ausserdem die Probestämme sowohl wegen genauerer Kubierung wie auch wegen der auszuführenden Stammanalysen gefällt werden mussten, ist es klar, dass auch nicht gut ein grösserer Betrag als dieser in Betracht gezogen werden konnte.

Hieraus folgte wiederum, dass die betreffenden Probestämme möglichst genau den zu berechnenden Mittelstammdimensionen nebst den anderen Merkmalen der fraglichen Baumklassen entsprechen mussten.

Die mittleren Durchmesser der Probestämme waren auf Grund der entsprechenden arithmetischen mittleren Grundflächen zu berechnen (vgl. die Kapitel über Durchmesser und Grundfläche weiter unten), wonach die mittleren Höhen

wo die Probemessungen an einer relativ geringen Individuenzahl vorgenommen wurden, unmöglich, mit Gewissheit zu behaupten, dass der gefundene Mittelwert am besten einen ganz bestimmten statistischen Mittelwert repräsentiere. Im Hinblick darauf, dass der Höhenspielraum innerhalb der Etage tatsächlich recht eng ist, sind die Differenzen zwischen den am nächsten in Frage kommenden Mittelwerten jedoch verhältnismässig gering und in jedem Falle praktisch betrachtet bedeutungslos. — Was dagegen die Gesamtmittelhöhe des Bestandes betrifft, so verhält es sich hiermit anders, und auch Verf. wird sich hierüber in einer diesbezüglichen Spezialuntersuchung noch näher äussern. Vgl. jedoch auch das Kapitel über die Höhe hier unten.

dieser Stämme ohne grössere Fehler aus den oben erläuterten Höhenausgleichungen innerhalb der Etagen erhalten werden konnten.[1]

Die etwaigen Ungleichmässigkeiten, die sich bei der relativen Vollholzigkeit der Probestämme zeigen mussten, waren hier nicht, ebensowenig wie bei der Probestammwahl im allgemeinen, zu vermeiden. Dagegen war anzunehmen, dass diese Schwankungen bei Altersreihenausgleichungen unter den verschiedenen Beständen verschwinden würden. Die gewöhnlichen Ausgleichungen unter den Probestämmen innerhalb der Bestände, wie Kopezky (1891 etc.)-Speidel's (1893 etc.) Massenkurve, Kopezky's (1900, 1902 etc.) und des Verfassers (1917, S. 38 ff.; 1919, S. 74 ff.) Massengerade und andere derartige Ausgleichungsverfahren, kamen also hier nicht in Frage.

Die erwähnte Probestammaufnahme musste also mit der Berechnung des mittleren Durchmessers der echten Baumklassen beginnen.

Statt dass die Berechnung des arithmetischen Grundflächenmittels

$$\begin{cases} g_1 = \frac{\Sigma g N}{\Sigma N} \\ D_2 = 2\sqrt{\frac{g_1}{\pi}}, \end{cases}$$

oder die Formel des quadratischen Durchmessermittels

$$D_2 = \sqrt{\frac{\Sigma D^2 N}{\Sigma N}},$$

verwendet worden wäre, wurde das gewünschte D_2 mit Hilfe des arithmetischen Durchmessermittels

$$D_1 = \frac{\Sigma D N}{\Sigma N}$$

und der Durchmesserdispersion

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\Sigma (D - D^1)^2 N}{\Sigma N}}$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma D^2 N}{\Sigma N} - D_1^2}$$

durch die Gleichung

[1] Vgl. die Ausführungen S. 204 ff. und besonders S. 205 Fussnote 1.

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 + \sigma_D^2}$$

bestimmt.[1] [2] — Die Bestimmung von D_2 wurde nämlich dadurch erleichtert, dass die Charakteristika D_1 und σ_D auf jeden Fall in anderem Zusammenhang zu berechnen waren (siehe folg. Kap.). Ausserdem hatte die besondere Berechnung der Dispersion hier noch den Nutzen

[1] In diesen Formeln ist: D = Brusthöhendurchmesser (D_1 = arithmetischer mittlerer Durchmesser, D_2 = quadratischer mittlerer Durchmesser), g = Grundfläche (g_1 = arithmetische mittlere Grundfläche), N = Varianten- oder Gliederzahl der Klasse (Gruppe) (ΣN = Gesamtvariantenfrequenz der Reihe), σ_D = Durchmesserdispersion, d. h. quadratisches Mittel der Abweichungen der einzelnen Durchmesserwerte vom arithmetischen Durchmessermittelwert der Reihe aus gerechnet.

Bei Verallgemeinerung der hier vorgeführten Formeln wird das Mass der fraglichen Eigenschaft der Beobachtung bzw. der Klasse mit x und das Mittel mit M bezeichnet. —

D_1 und σ_D wurden hier durch Anwendung eines erleichterten Rechenverfahrens berechnet. Siehe hierüber sowie über die nähere Verwendung dieser Faktoren die weiteren Ausführungen.

[2] Die zuletzt angegebene Formel wird am einfachsten aus der zweiten der obeln erwähnten Dispersionsgleichungen abgeleitet. Das erste Glied unter dem Wurzelzeichen ist nämlich D_2^2. Durch Erhöhung des Ausdrucks in die zweite Potenz, durch Überführung von D_1^2 auf dieselbe Seite wie σ_D^2 und durch Ziehen der Quadratwurzel aus dem Ausdruck erhält man die erwähnte Gleichung. — Diese Gleichung dürfte erstmals von A. OPPERMANN (1887, S. 155—161) auf Waldabschätzungsberechnungen angewandt worden sein. In Finnland ist CAJANUS der erste, der das Verfahren benutzt hat (1912 a).

Aus dieser Gleichung geht übrigens die bekannte Tatsache hervor, dass $M_2 \geq M_1$. Diese beiden Mittel sind Spezialfälle vom sog. Potenzmittel

$$M_S = \sqrt[S]{\frac{\Sigma x^S N}{\Sigma N}},$$

dessen eine Eigenschaft gerade die ist, dass der Mittelwert wächst, wenn S wächst.

Was übrigens die Benennungen Potenzmittel und dessen Spezialfälle: arithmetisches Mittel ($S = 1$), quadratisches Mittel ($S = 2$), kubisches Mittel ($S = 3$), biquadratisches Mittel ($S = 4$) usw. betrifft, so werden diese in der Literatur in verschiedenen Bedeutungen gebraucht. So verwenden z. B. MESSEDAGLIA (1880, S. 394, 402 (französisch)), V. BORTKEWITSCH (1898, S. 9), ŽIŽEK (1908, S. 161) die Benennung »quadratisches» Mittel gerade in dem hier gebrauchten Sinn, wohingegen z. B. WICKSELL (1920, S. 14—15) die erwähnten Spezialbenennungen für die entsprechenden Mittel o h n e Ziehen der Wurzel verwendet, die im allgemeinen als »relative Momente um den wirklichen Nullpunkt» (vgl. S. 117) des S:ten Grades bezeichnet werden. — Was die Benennung Potenzmittel anbelangt, ist sie hier nach CZUBER (1910, S. 19) nur als logische Ableitung der erwähnten Spezialbenennungen verwendet wor-

(auf die eigentliche Eigenbedeutung der Dispersion wird noch nicht eingegangen), dass die bei dem berechneten quadratischen Durchmessermittel und somit auch bei der Grundfläche [1] gewöhnlich auftretende systematische Ungenauigkeit so ziemlich auf die einfachste Weise mit Hilfe der Dispersion korrigiert werden konnte.

Es ist ja nämlich bekannt, dass, wenn statt einer nach Art der Gauss'schen Fehlerkurve verlaufenden Stammverteilung [2] die von der Klasseneinteilung hervorgerufene Stufenlinie in der Weise angewandt wird, dass der Zentrumwert der Klasse die Variantenwerte der letzteren vertritt, die Quadrierung dieser Zentrumwerte einen positiven Fehler in den erwähnten Charakteristikumwerten ergibt. Bei wachsender relativer Grösse des Intervalls wird auch der Fehler grösser.

Bei der Berechnung der Charakteristika derjenigen Reihen, die die »normale» Variantenverteilung am nächsten befolgen, ist diese Ungenauigkeit des Resultats mit Hilfe der Sheppard'schen Dispersionskorrektur zu eliminieren. Wie bekannt, wird die korrigierte Dispersion, die ihrerseits die D_2- und g_1-Werte nahezu genau macht, mit Hilfe dieser Korrektur in folgender Weise erhalten (Sheppard 1897, 1898; siehe auch z. B. Pearson 1904, S. 309, sowie hier S. 122):

$$\text{korrigierte Dispersion} = \sqrt{\sigma^2 - \frac{w^2}{12}},$$

wo σ den Anfangswert der Dispersion und w die Weite des Klassenintervalls bezeichnet. Diese Korrektur macht somit auch die erwähnten Charakteristikumberechnungen praktisch unabhängig von der Klassen-

den, wohingegen Fechner diese Benennung in anderem Sinne gebraucht, indem er den hier erwähnten Mitteln nur das Recht einräumt, mit den Potenzmitteln um den Namen streiten zu können (1878, S. 74). —

Als Gewichtszahl bei der Berechnung der verschiedenen Miftel wird hier sachgemäss nur die Variantenzahl (Stammzahl) N angewendet. Erst bei der Berechnung gewisser Bestandesmittelhöhen und -formzahlen werden auch einige andere Gewichte benutzt. Siehe hierüber näher die Kapitel über Höhe und Volumen weiter unten.

[1] Die Berechnungsformeln für die mittlere Grundfläche g_1 und die Gesamtgrundfläche ΣG der Reihe sind hier nach dem Obigen

$$g_1 = \frac{\pi}{4}\left(D_1^2 + \sigma_D^2\right),$$

$$\Sigma G = \Sigma N \cdot \frac{\pi}{4}\left(D_1^2 + \sigma_D^2\right).$$

[2] Siehe Näheres hierüber in den folg. Kapiteln.

weite, welcher Umstand also geeignet ist, die Klassenbildung in entsprechendem Masse zu erleichtern.[1]

Nachdem die mittleren Durchmesser der echten Baumklassen berechnet waren, wurde wieder die Arbeit im Walde aufgenommen und wurden dorther Probestämme von entsprechender Grösse geholt. Die Gesamtzahl der Probestämme auf allen Probeflächen stieg insgesamt auf 354 (wie erwähnt fehlte 3 a zwei- und 4 a viermal).

Der Probestamm musste auf den Millimeter dem berechneten mittleren Durchmesser entsprechen. Die Richtung des Durchmessers war beim a-Baum eine beliebige, aber beim b- und c-Baum rechtwinklig gegen die »Klemmungsfläche» der Krone. Verf. sah nämlich keinen Anlass, den mittleren Wert von zwei oder mehreren Durchmessern zu nehmen, weil nach der Kubierung noch eine Stammanalyse vorgenommen und dabei der Einfluss von Kronen-, Himmels- und Windrichtung, Tropismen u. a. Faktoren auf die Entstehung der Stärkenwachstums-Exzentrizität sowie anderer Wachstumsbesonderheiten untersucht werden sollte. Es war daher wichtig, die Untersuchung sachgemäss in einer bestimmten Schnittrichtung auszuführen und nicht die Wachstumsdifferenzierung durch Ausgleich in einer zufälligen Richtung oder auch durch Mittel aus zwei oder mehreren Durchmessern zu verwirren. Andrerseits wurde dieses einseitige Messungsverfahren auch durch den Umstand gestützt, dass die Plattheit des Stammes, wenn eine solche Erscheinung zu bemerken war, im allgemeinen durchgehend in derselben Richtung verlief, so dass die Stammanalyse, die genau in der Richtung des gesuchten Brusthöhendurchmessers vorgenommen wurde, im allgemeinen einen recht regelmässigen Verlauf zeigte (vgl. Verf. 1917, S. 152, sowie auch z. B. TISCHENDORF 1925 a, S. 329).

Dass hier als Durchmesserrichtung die Klemmungsrichtung der Krone gewählt wurde, beruht darauf, dass diese Richtung gerade am besten die Krone der Baumklasse charakterisiert. Dass der so gewählte Durchmesser später bei Untersuchung der Exzentrizität des Stärkenwachstums recht bedeutungsvoll wurde, war ein Umstand, der die Wahl dieses Durchmessers als Untersuchungsgegenstand nur noch besser motivierte. Hierüber mehr in anderem Zusammenhang. — Da jedoch die c-Bäume auch in vier verschiedene Unterklassen (siehe S. 48) eingeteilt werden können, war es angebracht, auch in dieser Beziehung eine be-

[1] Da diese Korrektur selbst nur annähernd ist, ist ihre Anwendung als solche nicht in allen Fällen vorteilhaft oder möglich.

stimmte Wahl zu treffen. Verf. wählte eine von zwei Seiten eingeklemmte Kronenform, also die α-Form.

Aus den angefertigten graphischen Darstellungen der Stammhöhenschätzungen innerhalb der Etagen konnte festgestellt werden, welche Höhenzahlen am nächsten die mittleren Höhen der verschiedenen Etagen repräsentierten.[1] Diese Schätzungszahlen wurden notiert, und die Probestämme einer jeden Etage durften von diesen Zahlen in jüngeren Beständen einige Dezimeter und in älteren bis ca. 1 m (±) abweichen, jedoch in der Weise, dass ihr Mittelwert recht nahe bei dieser geschätzten Mittelzahl liegen musste. Die verschiedenen Baumklassen der Etagen wurden somit hinsichtlich der Höhe als gleichwertig betrachtet.

Die Auswahl der so bestimmten Probebäume war keine der leichtesten Aufgaben. Bisweilen konnte es auch geschehen, dass sich keine Probebäume von berechneter Stammgrösse fanden, die gleichzeitig hinsichtlich der Kronenqualitäten repräsentierend gewesen wären. Der Höhe z. B. musste dann eine einigermassen grössere Oszillation eingeräumt werden, als es das obige Programm als solches gestattete, aber von der Forderung des berechneten Mittelwertes der Etage wurde sachlich nicht abgewichen. Die auf den unmittelbaren Messungen der Probestämme fussenden mittleren Höhen wurden denn auch später zu Repräsentanten der mittleren Höhen der entsprechenden Etagen. Die Ergebnisse der so ausgeführten unmittelbaren Messung wurden für sicherer angesehen als die mittelbaren Hypsometer-Schätzungszahlen. — Ebenso wurde, abgesehen von einigen ganz seltenen Fällen, der berechnete Durchmesser gefunden, — und was die Krone und die sonstige Stammqualität betrifft, konnten natürlich hinsichtlich dieser Charakteristika keine erwähnenswerten Ausnahmen von den klar definierten Baumklassenmerkmalen gemacht werden. —

Ausser der Höhe des ganzen Stammes wurden auch die Höhe des astreinen Stammteils[2] und die Stelle der grössten Kronenbreite zunächst beim stehenden Baume mit dem Hypso-

[1] Vgl. S. 97—98 Fussnote 3.

[2] Ein einzelner grüner Zweig unter der eigentlichen Krone wurde nicht als dieser zugehörig betrachtet (vgl. z. B. SCHOTTE 1923 a, S. 11). Unter der »astreinen« Stammpartie wurde somit der Stammteil vom Boden bis zum Ansatz der lebenden Krone verstanden. — KÖHLER (1919, S. 35) zieht bei der Schätzung der Kronenlänge nur den Teil zwischen Spitze und breitester Kronenstelle in Betracht. Er meint, dass die unteren, kürzeren, in den Schatten geratenen Zweige für die Baumentwicklung wenig Bedeutung haben. — Siehe übrigens auch MARTIN (1911, S. 120—121).

meter geschätzt und durch unmittelbare Messung kontrolliert, nachdem der Baum gefällt war. — Die nähere Kronencharakterisierung wiederum wurde in folgender Weise vorgenommen:

Die Krone des a-Baumes wurde gemäss ihrer Definition als symmetrischer Rotationskörper angesehen. Bei den abzubildenden Vertikalprojektionen der Krone fiel ihr somit nur eine Projektion zu.[1] Dem b-Baume, der von einer Seite eingeengt war, kamen zwei verschiedenartige Vertikalprojektionen zu, d. h. die »erste»: von der zusammengedrückten Seite zur erweiterten Seite (in der Richtung des gesuchten Brusthöhendurchmessers), wobei die Kronenhälften somit verschieden gross wurden, — und die »zweite» Projektion: senkrecht gegen die erste und nahezu symmetrisch. Beim c-Baume (α) waren ebenfalls zwei Kronenvertikalprojektionen abgebildet, die »erste», kleinere, von der geklemmten Seite, die »zweite», grössere, senkrecht darauf, durch die weiteste Kronenausdehnung. Beide Schnitte wurden als symmetrisch betrachtet. Ebenso zeigten die Untersuchungen, dass die Ausgangspunkte der Vertikalschnitte des c-Baumes am Stamm, wenigstens nach der Okularschätzung, zusammenfielen, ebensowie die Höhenlagen der breitesten Stellen der Schnitte. Die abgeflachteten Seiten konnten freilich infolge des starken Druckes bisweilen ganz astrein sein, aber dafür breiteten sich die Äste der anderen Richtung am Ende zu einer den Stamm an Stärke übertreffenden Kronenbreite aus, so dass das Projektionsbild auch für die Krone eine bestimmte »Stärke» und nicht bloss »Weite» zeigte.

Aus der Verschiedenartigkeit der Kronen resultierte nun, dass beim a- und c-Baum je nur eine Kronenbasis oder Höhe des astreinen Stammteils wie auch nur eine breiteste Kronenpartie zur Abschätzung (bzw. Messung) kam, dagegen beim b-Baume zwei Kronenbasalpunkte, nämlich der Basalpunkt der kleineren und der der grösseren Hälfte des unsymmetrischen Schnittes am Stamme, und drei breiteste Stellen, nämlich gesondert die Stellen der grössten Radien der Hälften des unsymmetrischen Schnittes und ausserdem die Stelle des grössten Durchmessers des symmetrischen Schnittes, welcher oftmals nicht mit der Stelle des grösseren Radius des ersten Schnittes identisch, sondern gewöhnlich höher als dieser gelegen war.

[1] Ganz symmetrisch ist die Krone des a-Baumes nicht, — wenigstens bewirkt die Himmelsrichtung, dass die Sonnenseite gewöhnlich etwas besser ausgebildet ist (vgl. die graphische Darstellung 26), aber hier, in einer auf den Konkurrenzkampf bezüglichen Charakterisierung, konnte die Krone ohne grössere Ungelegenheiten als symmetrisch angesehen werden.

Alle so erhaltenen Masse wurden auf Millimeterpapier im Massstab 1 : 100 eingetragen. Ausser den zwei Vertikalprojektionen (von der a-Krone also nur eine) wurde noch eine Bodenprojektion gezeichnet, um welche auch die Stämme und Kronenränder der Nachbarbäume gruppiert wurden. Die Nordrichtung vervollständigte das Bild. (Vgl. die graphischen Darstellungen 20—26.)

Dass die verschiedenen Kronenhöhen- und -breitenschätzungen schon am stehenden, nicht erst am gefällten Baume vorgenommen wurden, beruht natürlich darauf, dass die Krone in bezug auf zwei Querschnitte zu prüfen war, sowie auch darauf, dass es nicht leicht ist, z. B. die grösste Kronenbreite und deren Stelle erst auf dem Erdboden zu messen, da die Äste dann mehr oder weniger in eine andere Lage geraten, als sie beim aufrechten Stande des Baumes hatten, wobei ausserdem die Unterseite des gefällten Baumes alle Kronenmessungen am Boden unmöglich macht. Unter diesen Umständen konnten denn durch die Messungen am Boden nur die Gesamtlänge des Stammes und die Höhen der astreinen Stammpartien festgestellt werden. — Die Schätzung der breitesten Stellen der Krone und deren Breiten am stehenden Baum konnte natürlich nicht völlig genau ausfallen, aber dies bedeutete auch nicht soviel, dass auch eine solche Schätzung hier nicht völlig ausgereicht hätte. —

Nach Ausführung der vorstehenden Abschätzungen wurde die Rindenstärke in Brusthöhe an der Stelle, wo der Stammdurchmesser gemessen worden war, untersucht. Als Rindenmass wurde ein feines Stahlpistill von ca. 1 mm Stärke und ca. 3 mm Breite benutzt, das sich nach der Spitze zu so verjüngte, dass das platte Ende ca. 1 mm² umfasste. Das Pistill bewegte sich in der Rinne einer stählernen Skala und war mit einem Nonius versehen, durch den der Betrag der Bewegung des Pistills mit 0,1 mm Genauigkeit kontrolliert werden konnte. Das Pistill liess sich relativ leicht durch die Rinde drücken, hielt aber beim Aufstossen auf das Holz an. Dann wurde die Skala gegen die Rinde gedrückt, und die Stärke derselben konnte abgelesen werden. Die Rindenstärke wurde verdoppelt notiert. —

Danach wurde in die linke Seite des Stammes an der Massstelle des Brusthöhendurchmessers ein Zeichen eingeritzt (beim b-Baume also auf der geklemmten Kronenseite). Ferner wurde an dem Baume ein Stück Pappe befestigt, auf dem der Waldtyp, die Reihennummer der Probefläche, ebenso die Nummer des Probebaumes und die Baumklasse notiert wurden.

Danach wurde der Baum gefällt. Hierzu wurde eine lange Säge

benutzt. Der Schnitt wurde ganz am Boden ausgeführt, zu welchem Zweck die untere Stammpartie zunächst von Moosen, Erde usw. gereinigt wurde. Der Baum wurde entastet und der Stamm, wenn dies notwendig war, in der Weise gewendet, dass das eingeritzte Zeichen nach oben zu liegen kam. Mit einem Messband von 20 m wurde die Länge des Stammes gemessen, und gleichzeitig wurden in der Rinde Zeichen für die Messung des Durchmessers und das Ausschneiden der Scheiben angebracht.

Als Messungs- und Schnittpunkte (wie schon oft erwähnt, sollte von den Probestämmen auch eine vollständige Zuwachsanalyse gemacht werden) wurden die Mittelstellen gleichlanger Stammstücke gewählt. Als Stücklänge wurde für Stämme unter 5 m Länge $^1/_2$ m, für solche von 5—10 m 1 m, für solche von 10—25 m 2 m und für solche über 25 m 3 m genommen. Das kürzere Gipfelstück wurde besonders untersucht, und ebenso war natürlich das untere Stammende des Baumes eine wichtige Stelle der Untersuchung.[1]

An den so bestimmten Stellen wurde eine Scheibe herausgesägt (wo ein Astquirl störte, wurde die Schnittstelle nach Bedarf auf- oder abwärts verlegt, je nachdem, auf welche Weise sie sich weniger verschob, wobei berücksichtigt wurde, dass die Wuchsrichtung der Äste schräg aufwärts ist). Vor der Trennung der Scheibe vom Stamme wurde unterhalb derselben ein Blaustiftzeichen in der Weise gemacht, dass es genau dem am noch stehenden Stamm eingeritzten Richtungszeichen entsprach. — Auf dem Millimeterpapier, auf das die Kronenprojektionen

[1] Der Vorschlag CAJANUS' (1911), die Untersuchung bei jedem Zehntel der Stammhöhe vorzunehmen, wurde hier nicht als geeignet erachtet. (Eine solche Teilhöhenuntersuchung zwecks Bestimmung der Verschmälerung des Baumstammes dürfte zuerst BURCKHARDT (1856, S. 5 Fussnote) geplant haben. v. SEEBACH führte sie später (1861) durch, indem er den Stamm in 12 gleichgrosse Stücke teilte.) Verf. wollte nämlich neben der Bestimmung der Massverhältnisse des gegenwärtigen Stammes, wie erwähnt, auch eine Zuwachsanalyse machen. Die Zehntel würden somit nur am vorliegenden Stammkörper angebracht gewesen sein, so dass ihre Bedeutung relativ gering gewesen wäre. Als Nachteil der Teilhöhenuntersuchung könnte ausserdem erwähnt werden, dass sie im allgemeinen unbequeme Masslängenzahlen gibt.

Ebensowenig konnte eine grössere Massdichte als die obenerwähnte angewandt werden, dies wegen der zeitraubenden Arbeit, die dadurch verursacht wurde, dass jede Messungsstelle später durch genaue Querschnittsanalyse zu untersuchen war. Schon jetzt ergaben sich aus dem Material ca. 3,000 Scheiben, so dass eine grössere Menge nicht gut genommen werden konnte. Ausserdem hätte eine grössere Genauigkeit die Zuverlässigkeit und Exaktheit der Ergebnisse, wenigstens was die in Frage kommende Kubierung betrifft, kaum erhöht. (Vgl. z. B. HEIKKILÄ 1915, S. 431.)

des Probestammes gezeichnet wurden, wurde notiert, in welchen Abständen die Scheiben entnommen waren.

Die Scheiben desselben Stammes wurden der Reihe nach auf je einen Haufen mit den markierten Seiten nach unten gesammelt. Als alle Scheiben gesägt waren, wurden sie, um Verwechslungen vorzubeugen, mit festem Eisendraht in der Weise verbunden, dass der Draht mit Hilfe einer Pfrieme durch die Scheiben (nicht durch das Mark!) gezogen wurde, wonach die Drahtenden zusammengedreht wurden, während das erwähnte Stück Pappe an den Scheiben befestigt blieb. Für den Fall jedoch, dass die Pappe auf der weiten Reise vom Walde ins Arbeitszimmer verloren ginge, wurde noch auf der Unterseite der Scheibe vom unteren Stammende die Ordnungsnummer des Probestammes mit Rotstift vermerkt. Diese Vorsichtsmassregeln erwiesen sich denn auch als recht zweckmässig, und keine einzige von den ca. 3,000 Scheiben geriet aus ihrem Zusammenhang.

Im Probebestand VT, 102 Jahre, war keine Gelegenheit Probestämme zu fällen. Der Bestand war Privatbesitz und war zum grössten Teil ausgezeichnet und verkauft. Die Alterszählung wurde durch Absägen der Baumstümpfe der im vorhergehenden Winter im selben Bestand gefällten Bäume und die Messung des Durchmessers mit Hilfe des Cajanus'schen optischen Dendrometers (1912 b), eines Apparates, welchen Verf. mit Erfolg bei einer früheren (1915) Untersuchung angewandt hatte, vorgenommen. Die Rindenstärke in den höheren Stammteilen wurde aus zwei Windbrüchen bestimmt.

6. Auf verschiedenen Probeflächen wurden ausser den erwähnten Untersuchungen noch Kronenrichtungsuntersuchungen gemacht. Dies geschah in der Weise, dass die Richtung der Krone eines jeden Baumes mit Hilfe des Kompasses in acht Himmelsrichtungen bestimmt wurde, wobei gleichzeitig die Klasse des Baumes notiert wurde. Bei dieser Arbeit wurde Verf. von seinem Schüler, Student R. W. Théman, unterstützt.

Abgesehen von der Messung des Brusthöhendurchmessers der Bäume, dem Fällen, der Entastung und dem Aussägen der Scheiben u. a. derartiger Arbeit hat Verf. sonst alle Schätzungen und Messungen selbst ausgeführt. Auch die erwähnten Handlangerarbeiten geschahen unter seiner persönlichen Überwachung.

* * *

Bei der präliminären Untersuchung von Beständen hinsichtlich eventueller Probeflächen wurde auch das Bestandes a l t e r studiert. — Waren die Probestämme gefällt und von jedem die unterste Scheibe entnommen, so konnte die Altersuntersuchung endgültig abgeschlossen werden.

In den Probebeständen, die aus künstlicher Verjüngung entstanden waren, war das präzise Alter von früherher bekannt. Nennenswerte Schwierigkeiten bereitete die Altersbestimmung auch in den sonstigen Probebeständen nicht.

Die Zählung der Jahrringe auf der unteren Fläche der untersten Scheibe wurde längs zwei polierter, mit Alkohol gesättigter Radien vorgenommen (vgl. z. B. RENVALL 1912, S. 130) und dabei LEITZ' Handvergrösserungsapparat mit 8-, 16- und 40-fachen Vergrösserungen benutzt. Stimmten die Ringzahlen beider Radien nicht überein, so wurde von einem Radius, längs besonders deutlicher Ringe, an mehreren Stellen zum anderen übergegangen und die Abstände nochmals abgelesen. So wurde die Fehlerstelle in kurzer Zeit bestimmt und ihre Ursache aufgedeckt. Wenn wegen besonderer Ringdichte der Verdacht entstand, dass die Altersbestimmung so noch nicht genügend sicher geworden war (solche Fälle kamen in der vierten und dritten Etage vor, besonders in Beständen des Calluna-Typs), wurde ein Ringvergleich mit Stämmen von deutlicherer Ringschichtung, d. h. mit herrschenden Stämmen desselben Bestandes vorgenommen. Der Vergleich wurde dann durch Messung der Ringbreiten mit 0,1 mm Genauigkeit und Abbildung der Breiten im Massstab 10 : 1 auf Millimeterpapier ausgeführt. Besser hervortretende übereinstimmende Ringgipfel und -täler gaben dann deutlich dieselben bestimmten Kalenderjahre an.[1] Dieses Verfahren wurde im allgemeinen um so sicherer, da die innersten Teile auch der unterdrückten Stämme im allgemeinen keine Schwierigkeiten bei der Ringzählung bereiteten (es dürften nicht immer unterdrückte Individuen gewesen sein), so dass das Entstehungsjahr des Baumes schon im voraus, ehe die Randringe untersucht waren, durch eine derartige, die innersten Jahrringe umfassende, vergleichende Analyse mit grosser Wahrscheinlichkeit bestimmt werden konnte. Eventuelle Ringverschmelzungen oder -verdoppelungen konnten so eliminiert werden. Auch wurden durch die angegebenen Verfahren wahrscheinlich die Irrtümer vermieden, die

[1] Auf diese Untersuchungen und die einschlägige Literatur hofft Verf. in anderem Zusammenhang eingehen zu können. — Wie bekannt, ist auf geologischem Gebiete dasselbe Verfahren bei Tonschichtenuntersuchungen angewandt worden. Allgemeinen Gebrauch hat das Verfahren auch auf anderen Gebieten gefunden.

die in der Nähe des Markes oft anzutreffenden Halbring- und noch kleineren Scheinringbildungen sonst leicht veranlassen. (Vgl. z. B. Sanio 1872, S. 101—115 — »bräunliche Bänder», und Schwarz 1899, S. 267 ff. — »halbmondförmige Druckzonen».)

Der erste Jahrestrieb (die Keimpflanze) des Baumes als innerster Projektionspunkt an der Grundscheibe wurde mit besonderer Sorgfalt gemustert, damit abgeschätzt werden konnte, ob der Schnitt tatsächlich den Baum an seiner »Entstehungsstelle» getroffen hatte (schon die zweite Jahrestriebmitte ist, wie bekannt, offensichtlich stärker als die erste, von den folgenden gar nicht zu sprechen; vgl. z. B. S. 96). Die vorbereitende Untersuchung in dieser Hinsicht wurde schon im Walde vorgenommen, und wenn vermutet werden durfte, dass der Schnitt die gewünschte Stelle nicht getroffen hatte, wurde ein neuer, unterer Schnitt gemacht (vgl. z. B. Renvall 1912, S. 139 und L. Ilvessalo 1917, S. 18). — Wenn hierbei auch einige Irrtümer untergelaufen sein mögen, konnten sie doch nicht gross sein oder irgendwie auf die Sache einwirken. Von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen (siehe S. 87), zeugen die ausserordentlich guten Übereinstimmungen der Probestammergebnisse von der grossen Zuverlässigkeit der ausgeführten Altersbestimmungen. Ausserdem handelte es sich nicht um als Unterwuchs oder auf Mooren usw. kümmerlich vegetierende Baumindividuen, bei denen die Altersbestimmung im allgemeinen schwieriger ist (vgl. hierzu Lakari's verdienstvolle Untersuchungen 1915 a), sondern um frei, normal entwickelte Bestände. —

Die Untersuchung der Jahrringe beschränkte sich natürlich nicht auf die Altersbestimmung der Grundscheibe. Nach einem bestimmten Programm, das später hoffentlich genauer vorgeführt werden kann, wurden die Unterflächen aller Scheiben des Stammes untersucht und auf ihnen die Abschlussstellen der später bei der Analyse verwendeten und bestimmten Kalenderjahren entsprechenden Vegetationsperioden (Aussenränder des Herbstholzes) vermerkt. — Nach Erledigung dieser zeitraubenden und grosse Genauigkeit erfordernden Arbeit waren die entsprechenden Durchmesser zu bestimmen. Dies geschah in folgender Weise.

Bei der Bestimmung des ersten Durchmessers unter der Rinde wurde die Kluppe zu Hilfe genommen. Diese wurde auf der Seitenfläche der gereinigten Scheibe in der Weise angebracht, dass die die Berührungspunkte ihrer Schenkel verbindende Gerade entweder mit der markierten Richtungslinie zusammenfiel oder mit ihr parallel verlief. Die Geraden

fielen in eine zusammen, wenn die Richtungslinie zugleich der Durchmesser war, waren aber nur parallel, wenn sie eine sonstige Sehne war.

Die Richtungslinie wurde nämlich von dem ursprünglich gesuchten, über die Rinde gemessenen Brusthöhendurchmesser aus bestimmt. Ob nun diese Richtungslinie auch unter der Rinde zum Durchmesser wurde, hing natürlich sowohl von der Rinden- als der Stammform ab. Bisweilen freilich war es so, aber nicht immer. Eine Sehne anstelle des Durchmessers konnte natürlich für die Durchmesser-, bzw. Volumuntersuchung nicht als geeignet angesehen werden, und ebensowenig war es zweckmässig, die Untersuchungsrichtung zu verändern, um den geforderten Durchmesser zu erhalten. Deshalb war das Verfahren von der oben erwähnten Art.

Ein solches theoretisch exaktes Verfahren war hier um so wichtiger, als sich die Messung des Durchmessers nicht nur auf den Durchmesser unter der Rinde bezog, sondern sich auch von dort fortsetzte und das ganze Wachstum der Scheibe umfasste. Ebenso wurde dabei auch ein anderer wichtiger Umstand in Rücksicht gezogen, nämlich der, dass die ursprüngliche Richtungslinie wie auch der damit parallele Durchmesser nur zufällig durch das Mark der Scheibe gingen. Es wäre jetzt ebenso fehlerhaft gewesen, die in dieser Beziehung zu messende Strecke von der Stelle des Durchmessers, d. h. der grössten Sehne, an eine solche Stelle zu verschieben, wo sie als parallele Sehne, die kleiner als der Durchmesser war, durch das Mark gegangen wäre, wie die Untersuchungsrichtung in eine andere, von der zufälligen Exzentrizität der Scheibe bestimmte Richtung zu verändern.

Im Hinblick hierauf ist jetzt nur zu konstatieren, dass die Durchmesserermittlung nichts direkt mit der Marklage der Scheibe zu tun zu haben braucht. Bei Messung des stehenden Stammes (Durchmesserermittlung) weiss man natürlich nicht, an welcher Stelle im entsprechenden Schnitte das Mark liegt, und nach demselben Prinzip sind natürlich auch die früheren Durchmesser bei Analyse des Stammes zu messen und zu untersuchen. Entschieden ist dabei zu beachten, dass tatsächlich der mit der Kluppe ermittelte Durchmesser und nicht eine mehr oder weniger zufällige kürzere Sehne gemessen wird, sowie dass die Messrichtung dieselbe bleibt wie die, worauf die Analyse basiert ist.

Jedesmals, wenn der Durchmesser bei einer zu analysierenden Scheibe ermittelt werden soll, sind mithin an den fraglichen Ring parallele Tangenten senkrecht zu der gutgeheissenen Messrichtung zu legen.

Der kürzeste (senkrechte) Tangentenabstand ist dann der gesuchte Durchmesser. Nur so werden die Ergebnisse früherer Entwicklungsphasen mit der gegenwärtigen Kluppendurchmesserermittlung im wachsenden Bestand kommensurabel.

Je nachdem wie das Flächenwachstum an der fraglichen Schnittstelle entwickelt ist, bleibt der Durchmesser an Ort und Stelle, bewegt er sich stufenweise in einer Richtung oder auch hin und zurück. Typische Beispiele werden später in anderem Zusammenhang vorgeführt. —

Die so erhaltenen Durchmesser wurden jetzt mit dem Stangenzirkel auf Millimeterpapier übertragen. Dieses Verfahren wurde zwecks Vermeidung eventueller Ablesungs- und Markierungsfehler angewandt. Die Übertragung geschah in zwei »Radien» derart, dass vom Mark eine Senkrechte gegen den Durchmesser gezogen wurde, die denselben in diese im allgemeinen ungleich grossen Teile teilte. Das Mark wurde mit anderen Worten auf den Durchmesser projiziert. — In der eigentlichen Analysezeichnung wurde das Mark als Gerade angenommen. Der Höhenmassstab der Zeichnung war 1 : 50. Die Enden der Durchmesser desselben Kalenderjahres und verschiedener Höhen wurden durch eine die Stammkurve darstellende Linie verbunden.

Nach Fertigstellung der Zeichnung wurden die Stämme kubiert. Hier war es nicht mehr angängig, für verschieden lange Stämme eine verschiedenartige absolute Durchmesser-Messungsdichte zu verwenden, wie bei der Herstellung der Scheiben. Der Grund war der, dass die bei den Analysen der verschiedenen Altersstellen desselben Stammes erhaltenen Stammkörper kubiert werden sollten, und dies machte es wenigstens bei demselben Stamm unmöglich, von einer Messungsdichte zur anderen überzugehen; mehr oder weniger plötzliche Änderungen hätten die Ergebnisse ungleichmässig gestaltet. Und ebenso hätte auch die geplante Vergleichung zwischen den Volumina der Probestämme jüngerer Bestände und den entsprechend alten Analysenvolumina der Probestämme älterer Bestände nicht die Anwendung verschiedener Massdichte gestattet. Hieraus folgte, dass das Messungsintervall bei allen Stämmen dasselbe sein musste. — Ausserdem wäre übrigens die praktische Anwendung einer variierenden Massdichte auf das fragliche Material, bei dem die Stammkurven bisweilen weniger als ein Millimeter voneinander entfernt waren und deren Zahl bei einem Stamme bis auf dreissig

stieg, höchst beschwerlich gewesen und hätte leicht Ablesungsfehler veranlassen können.

Bei der Wahl der Stücklänge zu dieser Kubierung konnte Genauigkeit bis zu einem Meter wegen der Höhe der Kosten nicht in Frage kommen, sondern es hiess sich mit der gewöhnlichen 2 m-Stückmessung zufriedengeben, die übrigens, wie bekannt, in solchen Fällen hinreichend gute Ergebnisse liefert. Die Zahl der vorgenommenen Durchmessermessungen und Aufsuchungen der entsprechenden Kreisflächen stieg jedoch immer noch auf einen recht hohen Betrag, nämlich 30,874. — Individuen, die kürzer als 2 m waren, wie auch Gipfelstücke, wurden wie üblich von der Mitte aus gemessen.

Diesmal kamen jedoch nur die äusseren Durchmesser der Stämme und bei der eigentlichen Behandlung des Materials zunächst nur die Volumina ohne Rinde in Frage.

Was diese Messung ohne Rinde anbelangt, forderte die künftige, auf den Analysenergebnissen fussende Zuwachsvergleichung schon an sich die Verwendung rindenfreier Volumina bei den Untersuchungen als gewisse Hauptobjekte. Aber, wie bekannt, ist ein solches Verfahren schon dadurch motiviert, dass gerade das Holz der bedeutungsvollste Teil des Stammes ist, wozu natürlich noch die physiologischen Verschiedenheiten von Holz- und Rindensubstanz, die beträchtlichen Schwankungen der Rindenstärke und andere Momente kommen. Der Durchmesser, bzw. die Grundfläche sind zwar zunächst über der Rinde zu messen, aber das Verhältnis zwischen diesen und dem Volumen des Stammes nach Abzug der Rinde ergibt sich ja ganz einfach durch die entsprechende Rindenuntersuchung. Dagegen motiviert dies natürlich in keiner Weise eine Ausführung der eigentlichen Volumuntersuchung mit Rinde. — Demgemäss sind auch mehrere Zuwachsuntersuchungen in Finnland mit Volumina ohne Rinde ausgeführt worden (z. B. BLOMQVIST 1872 und Y. ILVESSALO 1920 b, c). Ein gleiches Verfahren wurde auch anderswo angewandt oder vorgeschlagen (vgl. z. B. Kommission Värmlands 1914, S. 105, 110; WRETLIND 1917, S. 60). —

Die erhaltenen Probestammvolumina wurden mit dem Korrektionsfaktor $\frac{H'}{H''}$ korrigiert (multipliziert), wo H' die mittlere Höhe der drei Probestämme der Etage und H'' die Höhe des fraglichen Probestammes war. Das Volumen jener vereinzelten Stämme wiederum, deren Durchmesser nicht genau mit den berechneten Durchmessern

übereinstimmten, wurde entsprechend mit dem Korrektionsfaktor $\frac{g'}{g''}$ korrigiert.

Die B-Individuen, die auf verschiedenen Probeflächen angetroffen worden waren, glaubte Verf. wegen ihrer geringen Anzahl mit Hilfe der Probestämme der entsprechenden Etagen der echten Baumklassen kubieren zu können, indem er deren Volumina mit dem Multiplikator $\frac{g''}{g'}$ korrigierte, wo g' die Grundfläche des in Frage kommenden Probestammes und g'' die mittlere Grundfläche der zu kubierenden B-Klasse war. Die sog. Oberwölfe sind zwar im allgemeinen durchschnittlich länger als die anderen zur Oberschicht gehörigen Stämme, aber dieses Längenübermass wurde als durch die Formminderwertigkeit ausgeglichen angesehen, die diese Stämme ebenfalls gewöhnlich charakterisiert (vgl. z. B. Pressler 1865, Petračić 1908, Lakari 1920 b). Die Bedeutung der Sache war in keinem Falle gross. — Als Probestämme für übernormal entwickelte Bäume wurden die a-, für defekte die b- und für kranke die c-Probestämme gewählt. Übrigens kam dieser Probestammauswahl keine bestimmendere Bedeutung zu.

Die gefundenen korrigierten Probe- bzw. Modellstammkubikzahlen der verschiedenen Baumklassen wurden noch mit den entsprechenden Stammzahlen eines Hektars multipliziert [1], so dass also die Gesamtstammvolumina der Baumklassen bestimmt wurden. Durch Summierung der Baumklassenvolumina der Etagen wurden die Gesamtvolumina der Etagen erhalten. Deren Zusammenzählung ergab schliesslich das Bestandesgesamtvolumen. Durch Division der Volumina sowohl des Bestandes als der Etagen mit den Stammzahlen des Bestandes bzw. der Etagen wurden die Mittelstammvolumina des Bestandes und der Etagen gefunden.

Wie S. 101 (nebst Fussnote 1) angegeben, wurden die Grundflächencharakteristika der Baumklassen, der Etagen und des Bestandes bestimmt. Oben wurde schon erwähnt, dass die Brusthöhenrindenstärke ebenfalls untersucht wurde, vor allem in der Absicht, das Verhältnis zwischen den Brusthöhendurchmessern bzw, Grundflächen mit Rinde und denselben Grössen ohne Rinde zu ermitteln. Es war also der noch erforderliche Faktor, der den Zusammenhang zwischen der rindenfreien Durchmesser- (bzw. Grundflächen-) nebst der Stammhöhenzahl und der des Stammvolumens ohne Rinde vermittelt, die

[1] Die Stammzahlen wurden gleich zu Beginn der Zählungen pro Hektar berechnet.

relative Brusthöhenvolum- oder sog. Brusthöhenformzahl ($F_{1,3}$) des Stammkörpers ohne Rinde zu ermitteln. Dies geschah nach der gewöhnlichen Formzahlformel

$$F_{1,3} = \frac{v}{w},$$

wo v das Volumen des Stammes und w das eines Zylinders von der Höhe und Brusthöhenstärke des Stammes ist.[1]

Über Standraum und Krone wurden ebenfalls einige Berechnungen angestellt. So wurde z. B. eine Fläche von einem ha durch die entsprechende Stammzahl geteilt, wurden die Flächen des Kronendaches, bzw. der Kronenbodenprojektionen der verschiedenen Etagen und Baumklassen berechnet, ebenso diejenigen Kronenprojektionsflächen der unteren Etagen, die von den oberen Etagen bedeckt wurden usw.

Es war schon zu Beginn der Untersuchung klar, dass die absoluten Zahlenwerte nicht überall eine genügend kritische Grundlage für die Untersuchung der Wachstumsgesetze abgeben würden, sondern dass neben denselben auch relative Zahlenwerte zu verwenden waren. Die Untersuchung zeigte später selbst, wo ein derartiges doppeltes Untersuchungsverfahren am Platze war. Als relative Ausdrucksform hat in dieser Untersuchung im allgemeinen das Prozent gedient.

Folgende wichtigere vorbereitende Prozentberechnungen wurden in diesem Zusammenhang ausgeführt:

Stammzahl: Prozentuale Anteile der Etagen an der Gesamtstammzahl des Bestandes und Anteile der Baumklassen an den entsprechenden Etagen, nebst Anteilen der c-Unterklassen an der entsprechenden Hauptklasse.

Höhe: Prozentuale Höhen der mittleren Höhen der mitherrschenden, beherrschten und unterdrückten Bäume im Vergleich zur Mittelhöhe der herrschenden Bäume. Prozentuale Höhen gewisser Bestandesmittelhöhen ebenfalls im Vergleich zur Mittelhöhe der herrschenden Bäume.

[1] Es sollte also mit dieser »Formzahl» nicht eigentlich die Form des Stammes untersucht werden — dazu ist sie übrigens auch aus mehreren Gründen nicht besonders geeignet. Ihre einzige Aufgabe war hier, in obiger Weise zu vermitteln. In anderem Zusammenhang hofft Verf. nochmals auf die genauere Stammformuntersuchung auf Grund biologischer Baumklassifikation zurückkommen zu können.

Krone: Prozentuales Verhältnis der Kronenhöhen bzw. der astreinen Stammteile zur Gesamthöhe des Stammes. Teilhöhenlage der breitesten Kronenstellen in der Krone. Verhältnis der Kronenbreite zur Kronenhöhe. Prozentuale Anteile der Bodenprojektionen des Kronendaches bzw. der verschiedenen Baumklassen am Standraum, sowie prozentuale Anteile der einander bedeckenden Kronenbodenprojektionen verschiedener Baumklassen an den Gesamtprojektionsflächen der entsprechenden Klassen usw.

Durchmesser: Prozentualer Bestandesmitteldurchmesser im Vergleich zum Mitteldurchmesser der herrschenden Bäume; Prozent der doppelten Rindenstärke vom entsprechenden Durchmesser über der Rinde.

Grundfläche: Prozentuale Anteile der Etagen an der Gesamtgrundfläche des Bestandes und Anteile der Baumklassen an den entsprechenden Etagen.

Volumen: Prozentuale Anteile der Etagen am Gesamtvolumen des Bestandes und Anteile der Baumklassen an den entsprechenden Etagen.

Gewisse Prozentwerte, wie die Stammzahl-, Grundflächen- und Volumprozentanteile der Baumklassen an den entsprechenden Gesamtbeträgen des Bestandes, — die prozentualen Anteile der Rinde an der Grundfläche, usw. — wurden am einfachsten direkt aus den ausgeglichenen Zahlenwerten der in Frage kommenden Grundcharakteristika berechnet. Ebenso wurde auch hinsichtlich der absoluten Zahlenwerte der entsprechenden Charakteristika verfahren, desgleichen für gewisse ausschliesslich mit absoluten Zahlenwerten behandelte Charakteristika, wie z. B. gewisse Höhen- und Durchmessermittel, Formenhöhen usw.

Die bei der Behandlung des Probematerials angewandten mathematisch-statistischen Untersuchungsmethoden.

Wie bekannt, vermögen die oben erwähnten Ergebniszahlen (ihrer Beschaffenheit nach vor allem Zahlenlisten, Gesamtbeträge und Mittelwerte, sowohl in absoluten als relativen Massen ausgedrückt) im allgemeinen nicht allein die Eigenschaften der fraglichen Populationen genügend markant zu charakterisieren. Die Begriffe bleiben auf dieser Grundlage mehr oder weniger unbestimmt und schwankend und die zu analysierenden Eigenschaften ohne eigentlich bindende Präzision.

Für die Beseitigung dieser Mängel und um für die Charakterisierung der Variantenverteilung innerhalb der Population eine genügend konzentrierte Form und zielbewusste Sicherheit zu schaffen, sind auf dem Gebiete der variationsstatistischen Untersuchung, wie bekannt, im Laufe der Zeit Methoden entwickelt worden, die den Charakter und die Eigenschaften der Reihenvariation in den verschiedenartigsten Fällen und mit der grössten Genauigkeit wiedergeben und analysieren. Besonders GAUSS' sog. Fehlergesetz wirkte hier bekanntlich befruchtend, und fast zahllos sind die Entwicklungs- und Akkommodierungsformen auf Grund desselben, die gegenwärtig in Anwendung sind.

Über die Brauchbarkeit derartiger, am nächsten mathematisch-statistischer Untersuchungsverfahren auch auf dem Gebiete der Waldbestandesforschung, zum Zweck einer variationsstatistischen Untersuchung, hat sich nach seinen dänischen Vorläufern L. OPPERMANN (1863), GRAM (1879 b etc.), A. OPPERMANN (1887 etc.), H. PRYTZ (1889), C. V. PRYTZ (1888), HORNEMANN (1891) u. a. der Finne CAJANUS in verdienstvoller Weise in seiner Untersuchung: »Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände» (1914) verbreitet. Unter Verwendung der von CAJANUS durchgeführten, zunächst von GRAM (z. B. 1879 a), THIELE (z. B. 1889, 1897, 1903) und besonders CHARLIER (z. B. 1905 a, b, c, 1906, 1910, 1920) entwickelten und noch von anderen Skandinaviern, wie JOHANNSEN (z. B. 1905, 1913), JØRGENSEN (z. B. 1916), WICKSELL (z. B. 1917, 1920) u. a. benutzten und weiter ausgearbeiteten mathematisch-statistischen Untersuchungsmethoden ist Verf. daran gegangen, die Eigenschaften der inneren Struktur des Bestandes zu untersuchen.[1]

Der relativ ausgedehnte Gebrauch des bei der Charakterisierung der sog. q u a n t i t a t i v e n Elementverteilung (vgl. z. B. WICKSELL 1920, S. 6) angewandten Verfahrens dürfte eine kurze orientierende Übersicht über die dabei entwickelten Reihencharakteristika und deren Bestimmung sowie über die Zuverlässigkeitsschätzung, die Spezialanpassungen des Verfahrens usw. motivieren. Zu tiefergehenden theoretischen Betrachtungen liegt jedoch im Hinblick auf den allgemein bekannten Charakter und die Anwendungsweise des Verfahrens kein Anlass vor. — Die

[1] Die fraglichen Methoden reichen, wie bekannt, über die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts zurück, und ebenso sind sie natürlich auch anderswo als in den nordischen Ländern entwickelt worden. Die hier angeführten Namen sollen nur darauf hinweisen, dass gewissermassen auch eine »nordische Schule» auf diesem Gebiete besteht, ebenso wie z. B. in England die berühmte Schule PEARSON's.

Darstellung fusst im wesentlichen auf den Werken CHARLIER's. Gewisse Spezialerwägungen anderer Verfasser werden besonders erwähnt.

* * *

Die die Eigenschaften der Variantenreihe erklärenden Ausdrücke können, wie erwähnt, als Reihencharakteristika bezeichnet werden. Die Technik ihrer Entwicklung beruht zum grossen Teile auf Summation. Ein derartiges Verfahren tritt denn auch sogleich bei den ersten Berechnungen zutage, bei der Bildung der sog. relativen Momente um den wirklichen Nullpunkt (ν'').[1] Diese werden nämlich definiert durch die Formel[2]

$$\nu''_S = \frac{\Sigma x^S N}{\Sigma N}.$$

Vielleicht das elementarste und oft auch wichtigste Charakteristikum der Reihe ist das arithmetische Mittel (M_1). Dies erhält man aus dem erwähnten Ausdruck, indem man S den Wert 1 gibt. Die Formel des arithmetischen Mittels ist also die schon erwähnte

$$\nu''_1 = \frac{\Sigma x N}{\Sigma N} = M_1.$$

Werden den Varianten der Reihe neue Werte gemäss ihren Abweichungen vom arithmetischen Mittelwert ($x - M_1$) gegeben, so erhält man die relativen Momente um das arithmetische Mittel (ν), die somit definiert werden durch die Formel

$$\nu_S = \frac{\Sigma (x - M_1)^S N}{\Sigma N}.$$ [3]

[1] Über die Anwendung eines derartigen Summationsverfahrens auch bei eigentlichen Ausgleichungsmethoden siehe weiter unten.

[2] Die Zeichen des Ausdrucks sind im Zusammenhang mit der Durchmesserbestimmung (S. 99—102) in den Fussnoten S. 100—101 erläutert. Hier wird die Darstellung auf quantitative Untersuchungen überhaupt verallgemeinert.

[3] ELDERTON (1906, S. 17) gibt folgende Entwicklung der Formel an:

$$\nu_S = \nu''_S - S M_1 \nu''_{S-1} + \frac{S(S-1)}{2!} M_1^2 \nu''_{S-2} - \frac{S(S-1)(S-2)}{3!} M_1^3 \nu''_{S-3} +$$

$$+ \frac{S(S-1)(S-2)(S-3)}{4!} M_1^4 \nu''_{S-4} - \cdots.$$

Für den Wert $S = 1$ erhält dieser Ausdruck, infolge der Grundeigenschaft des arithmetischen Mittels (die Summe der ersten Potenzen der von diesem Mittelwert aus berechneten Abweichungen der Variantenwerte ist Null), den Wert Null.

Für den Wert $S = 2$ erhält die Formel die Form

$$\nu_2 = \frac{\Sigma x^2 N}{\Sigma N} - M_1^{2\prime},$$

oder also

$$\nu_2 = \nu_2'' - M_1^2,$$

was das Quadrat der früher erwähnten Dispersion ist (vgl. S. 99—100). Die Dispersion (σ) wird also mit anderen Worten gegeben durch die Formeln

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 N}{\Sigma N} - M_1^2},$$

$$= \sqrt{\nu_2'' - M_1^2},$$

$$= \sqrt{\nu_2}.$$

Die Dispersion ist ein Charakteristikum, das die absolute Streuung der Reihe charakterisiert, und sie wird in denselben Masseinheiten ausgedrückt wie die Varianten selbst und wie das Mittel. Ihre Bedeutung erhellt anschaulich daraus, dass ihr Zahlenwert den vom arithmetischen Mittelwert aus berechneten Abszissenwert der Inflexionspunkte der normalen Frequenzkurve vertritt und dass zwischen die von diesen Punkten ($M_1 - \sigma$ und $M_1 + \sigma$) aus gezogenen Ordinaten ca. $^2/_3$ von allen Elementen der Reihe fallen (sog. »typische», gegenüber den ausserhalb dieses Intervalls fallenden »atypischen» Varianten), während praktisch betrachtet alle Varianten der Reihe zwischen die Grenzen $M_1 \pm 3\sigma$ fallen.[1] [2]

Als Streuungshilfscharakteristikum wurde in gewissen Fällen der Variationskoeffizient (V) (PEARSON 1896, S. 276 ff.) angewandt

$$V = \frac{100\,\sigma}{M_1},$$

der somit die Dispersion in Prozenten vom arithmetischen Mittelwert ausdrückt.

[1] Normalerweise fallen nur 3 ‰ der Fälle ausserhalb dieses Intervalls.

[2] In einzelnen Fällen wurde auch die gesamte Variationsweite (W) der Reihe untersucht.

Die bei der Reihenuntersuchung verwendeten zwei folgenden Charakteristika, Asymmetrie- und Exzesskoeffizient, charakterisieren die Form der Variation.

Unter Asymmetrie wird bekanntlich verstanden, dass sich die Varianten der Reihe nicht symmetrisch auf beiden Seiten des arithmetischen Mittels verteilt haben. Der Exzess andrerseits bedeutet übernormale Konzentrierung der Reihe um das arithmetische Mittel (posit. Exzess) bzw. Variantenmangel in dieser Gegend (neg. Exzess). — Die diese Eigenschaften messenden Koeffizienten erhält man aus den relativen Momenten des 3., bzw. 4. Grades um das arithmetische Mittel.

Zur Bestimmung des Asymmetriekoeffizienten (S) wurde verwendet die Formel

$$S = \frac{-\nu_3}{2\,\sigma^3},$$

wo

$$\nu_3 = \nu_3'' - 3\,M_1\,\nu_2'' + 2\,M_1^3,$$

und M_1, ν_2'' und ν_3'' die relativen Momente ersten, zweiten und dritten Grades um den wirklichen Nullpunkt sind.[1]

Zur Bestimmung des Exzesskoeffizienten (E) wurde verwendet die Formel

$$E = \frac{1}{8}\left(\frac{\nu_4}{\sigma^4} - 3\right),$$

wo

$$\nu_4 = \nu_4'' - 4\,M_1\,\nu_3'' + 6\,M_1^2\,\nu_2'' - 3\,M_1^4,$$

und ν_4'' das relative Moment vierten Grades um den wirklichen Nullpunkt ist.[2]

[1] Der Asymmetriekoeffizient S ist eine Grösse, die an sich nur den Betrag des Wertes von dem obenerwähnten Ausdruck dritten Grades (mit Vorzeichen) konstatiert. Man kann annehmen, dass er annähernd — unter den Voraussetzungen, dass die Schiefe der Reihe nicht gross ist sowie dass höhere Charakteristika als solche dritten Grades nicht berücksichtigt werden — die Differenz vom Modewert der die Reihe ausgleichenden Frequenzkurve (Abszissenwert des Gipfelpunktes) und vom arithmetischen Mittelwert, in Dispersionseinheiten ausgedrückt, vertritt. Die Schiefe wird als positiv charakterisiert, wenn die Mode grösser ist als das arithmetische Mittel, im umgekehrten Falle als negativ.

[2] Der numerische Wert des Exzesskoeffizienten E bezeichnet die Differenz zwischen der Punkthöhe des arithmetischen Mittels auf der die Reihe ausgleichenden Frequenzkurve und der Maximalhöhe der entsprechenden Normalkurve, mit der Maximalhöhe der Normalkurve als Einheit.

Zur Erleichterung der zeitraubenden Berechnungen, die die Bestimmung dieser Charakteristika, besonders der letztgenannten, erfordert, werden bekanntlich verschiedene Verfahren angewandt.

So werden z. B. mit bestimmter Genauigkeit beobachtete gleichgrosse Varianten in gemeinsame Klassen geordnet, der Nullpunkt aus seiner eigentlichen Stellung etwa in die Mitte der Reihe, ins Zentrum irgendeiner Klasse verschoben und den Klassen neue Werte nach ihren Abweichungen von diesem provisorischen Nullpunkt (auch provisorisches Mittel M_0 genannt) gegeben, am einfachsten in Klassenintervallen (w)[1] und Reihenziffern (somit in negativer und positiver Richtung) ausgedrückt.

Da nun die Summe der ersten Potenzen der vom arithmetischen Mittelwert berechneten Abweichungen der Variantenwerte gleich Null ist, zeigt das relative Moment ersten Grades um den provisorischen Nullpunkt oder das provisorische Mittel die Abweichung des arithmetischen Mittels vom provisorischen Nullpunkt (Mittel). Wird dieses mit b bezeichnet, so erhält man somit die Ausdrücke

$$\begin{cases} b = \dfrac{\Sigma x N}{\Sigma N} w \\ M_1 = M_0 + b, \end{cases}$$

wo die Klassenweite die Konstante w ist und die x-Werte jetzt die Klassenabstände von der neuen »Nullklasse», mit der Klassenweite w als Einheit, vertreten.

Die erwähnten anderen Reihencharakteristika werden demgemäss in folgender Weise bestimmt:

Relative Momente um den provisorischen Nullpunkt (das provisorische Mittel)

$$\nu'_s = \frac{\Sigma x^s N}{\Sigma N} w^s,$$

relative Momente um das arithmetische Mittel

$$\nu_s = \frac{\Sigma (xw - b)^s N}{\Sigma N},$$

woraus

[1] Vgl. S. 24, und 95 nebst Fussnote 2.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 N}{\Sigma N} w^2 - b^2}$$

$$= \sqrt{\nu_2' - b^2},$$

$$\nu_3 = \nu_3' - 3 b \nu_2' + 2 b^3,$$

$$\nu_4 = \nu_4' - 4 b \nu_3' + 6 b^2 \nu_2' - 3 b^4.$$ [1] [2] [3]

Zur Vermeidung von Rechenfehlern ist es geboten, die Ergebnisse an passenden Stellen durch frei ausgeführte Kontrollrechnungen zu prüfen. Für diesen Zweck finden sich verschiedene Methoden. Hier wurde CHARLIER's bekanntes Verfahren angewandt.

Wenn die obige Rechnung in ihrer Gesamtheit vorgenommen ist, wurden zwei in folgender Weise charakterisierte Kontrollrechnungen verwendet:

$$\Sigma (x+1)^4 N = \Sigma x^4 N + 4 \Sigma x^3 N + 6 \Sigma x^2 N + 4 \Sigma x N + \Sigma N$$

und

$$\nu_4' = \nu_4 + 4 b \nu_3' + 6 b^2 \nu_2' + b^4.$$

War dagegen die Rechnung nur auf die Bestimmung des arithmetischen Mittels und der Dispersion (bzw. des Variationskoeffizienten) konzentriert, so war die verwendete Kontrollrechnung

$$\Sigma (x+1)^2 N = \Sigma x^2 N + 2 \Sigma x N + \Sigma N.$$

Die Kontrollrechnungen wurden bei jeder derartigen Reihenrechnung vorgenommen.

Zur weiteren Sicherung und Erleichterung wurde bei allen Rechnungen eine in gleicher Weise liniierte Rechentabelle verwendet (nach

[1] Demgemäss ist entsprechend auch in der S. 117 (Fussnote 3) vorgeführten ELDERTON'schen Formelvariante anstelle von ν_S'' ν_S' und anstelle von M_1 b einzusetzen.

[2] Wenn b, ν_S' und ν_S (auch σ) anfänglich in Klassenintervallen ausgedrückt werden, verschwindet w überall in den hier erwähnten Formeln. Dagegen sind später, wenn die schliesslichen Werte der Charakteristika zu bestimmen sind, b in der Formel $M_1 = M_0 + b$ und die Dispersion σ mit w zu multiplizieren, ebenso wie die ν_S-Werte (hier am nächsten ν_8 und ν_4) mit dem Faktor w^S. Dieses Verfahren spart natürlich am meisten Zeit und Mühe. In der obigen Formelvorführung sollten nur die Formeln in ihrer endgültigen Gestalt ausgedrückt werden.

[3] CZUBER schlägt zur Erleichterung der Rechnungen noch weitere Bearbeitungen des Verfahrens vor. Dieses Verfahren fusst mehr auf Addition als das hier eingeschlagene, und CZUBER nennt es deshalb »Summenverfahren« (1921, S. 62 ff., 91 ff.).

dem Muster CHARLIER's gedruckt). — Von den benutzten Rechenhilfstabellen sind besonders BARLOW's Tables (1912, 1921) zu nennen.

SHEPPARD's bekannte Korrekturen (1897, 1898) für die relativen Momente zweiten und vierten Grades um das arithmetische Mittel wurden ebenfalls angewandt.[1] Es sind (vgl. S. 121 Fussnote 2) für ν_2

$$-\frac{1}{12}w^2,$$

und für ν_4

$$-\frac{1}{2}\nu_2 w^2 + \frac{7}{240}w^4.$$

Besonders wenn aus diesem oder jenem Grunde eine grössere Klassenweite gewählt werden musste, war die Anwendung der Korrektur motiviert (vgl. S. 100—102).

Die den Grad der Zuverlässigkeit der erhaltenen Charakteristikumwerte ausdrückenden mittleren Fehler sind nach folgenden bekannten Formeln berechnet worden:

$$\varepsilon(M_1) = \frac{\sigma}{\sqrt{\Sigma N}},$$

$$\varepsilon(\sigma) = \frac{\sigma}{\sqrt{2\Sigma N}},$$

$$\varepsilon(V) = \frac{V}{\sqrt{2\Sigma N}}\left\{1 + 2\left(\frac{V}{100}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}},\ ^{2)}$$

$$\varepsilon(S) = \frac{1{,}2247}{\sqrt{\Sigma N}},\ ^{3)}$$

$$\varepsilon(E) = \frac{0{,}6124}{\sqrt{\Sigma N}}.\ ^{3)}$$

$^{4)}$

[1] Korrekturen kommen bei allen paarigen relativen Momenten in Frage.

[2] Für die genannten drei ersten Mittelfehlerformeln sind teilweise ausgerechnete Hilfstafeln benutzt worden (GIBSON 1906, sowie 1914, S. XXII—XXIII und 12—18 (PEARSON 1914)).

[3] WICKSELL 1920, S. 64 Fussnote; CHARLIER 1920, S. 74.

[4] War die Frequenz sehr gering, so wurde in der obersten Mittelfehler-Formel die präzisere Grösse $\sqrt{\Sigma N - 1}$ anstelle des Nenners $\sqrt{\Sigma N}$ genommen. Wenn übrigens andrerseits die Reihe so klein ist, dass diese Korrektur zu einer nennenswerten Änderung im Werte des mittleren Fehlers führt, ist dieser Fehler an sich schon so unsicher, dass dieser Korrektur keine wesentliche sachliche Bedeutung zukommt.

Wird die Variable (a) mit einer Konstante (k) multipliziert (dividiert), so wird der mittlere Fehler der Grösse ebenfalls mit k multipliziert (dividiert), also:

$$\varepsilon(ka) = k\,\varepsilon(a),$$
$$\varepsilon\left(\frac{a}{k}\right) = \frac{\varepsilon(a)}{k}.$$

Der mittlere Fehler der Summe zweier oder mehrerer (n) voneinander unabhängigen variablen Grössen ist

$$\varepsilon(\Sigma a) = \sqrt{\varepsilon^2(a_1) + \varepsilon^2(a_2) + \cdots}.$$

Unter diesen Umständen ist der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels dieser Grössen von der Form

$$\varepsilon\left(\frac{\Sigma a}{n}\right) = \frac{\sqrt{\varepsilon^2(a_1) + \varepsilon^2(a_2) + \cdots}}{n}.$$

* * *

Die Formel der hier oft erwähnten Gauss'schen Fehlerkurve — der sog. Normalkurve, — welche die »normale« Elementverteilung einer statistischen Reihe anzeigt, kann bekanntlich in folgender Form geschrieben werden:

$$Y = \varphi_0(X),$$

wo $\varphi_0(X)$ — Wahrscheinlichkeitsfunktion genannt — durch die Gleichung

$$\varphi_0(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X^2}{2}}$$

gegeben ist. (Vgl. z. B. Sheppard 1903, S. 174; Charlier 1910, S. 56, etc.; Fisher 1922, S. 199.) — Die Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi_0(X)$ ist tabellarisiert.[1] —

Will man nun die Normalkurve auf einen bestimmten Fall anwenden, d. h. bei der speziellen Prüfung einer Beobachtungsreihe oder vielleicht auch bei der vergleichenden absoluten Untersuchung mehrerer Reihen

[1] Z. B. hat Sheppard eine Wahrscheinlichkeitsfunktionstabelle veröffentlicht — »Sheppard's Tables». Die Argumentgenauigkeit ist darin 0,01. (1903, sowie 1914, S. XVII—XXI und 2—10 (Pearson 1914).) — Ebenso z. B. Charlier (1906, S. 44 und 1920, S. 123).

benutzen (es ist vorausgesetzt, dass die fraglichen Reihen in das Anwendungsgebiet des betreffenden Untersuchungsverfahrens fallen), so sind die Normalkoordinaten X und Y in jeder Reihe zu akkommodierten Koordinaten zu transformieren.

Dies geschieht für die Abszisse in der Weise, dass die Argumentwerte X der Wahrscheinlichkeitsfunktion mit der Dispersion der Reihe multipliziert werden, wobei die Abweichungen der Varianten vom arithmetischen Mittelwert (Origo) $x - M_1$ erhalten werden; die Masseinheit dieser Abweichungen ist also die bei der Reihenbeobachtung angewandte. Zwischen dem Normalabszissenwerte (X) und dem ursprünglichen Abszissenwerte (x) der Reihe besteht mit anderen Worten die Gleichung

$$X = \frac{x - M_1}{\sigma}. \quad [1]$$

Die aus der Kurvenformel erhaltenen Normalordinaten Y werden durch den für jede Reihe besonders bestimmten Multiplikator $\frac{\Sigma N}{\sigma}$, den »Standardwert« der Gesamtfrequenz der Reihe, transformiert. Dies bedeutet seinerseits, dass zwischen der normalen (Y) und der akkommodierten (y) Ordinate die Gleichung

$$Y = \frac{\sigma}{\Sigma N} y$$

besteht.

Die gefundenen akkommodierten Abszissen- und Ordinatenwerte geben somit die akkommodierte Normalkurve

$$y = \frac{\Sigma N}{\sigma} \varphi_0\left(\frac{x - M_1}{\sigma}\right). \quad [2]$$

[1] Hier sind sowohl x als σ durch ihre wirklichen Masszahlen ausgedrückt; Masseinheit dieselbe wie bei M_1.

Verwendet man die provisorische Bezeichnungs- und Messungsweise, die weiter oben zur Vereinfachung des Rechnens benutzt wurde (die x-Werte werden in den Klassenintervallen w ausgedrückt, b ($= M_1 - M_0$) aber, wie auch σ, in wirklichen Masseinheiten gegeben), so erhält die erwähnte Formel die Form

$$X = \frac{xw - b}{\sigma}.$$

Vgl. auch S. 121 Fussnote 2.

[2] Es ist zu beachten, dass es sich hier vorläufig nur um das Zeichnen einer akkommodierten Kurve handelt, nicht um eine Berechnung der Klassenfrequenzen. Die von den so erhaltenen Kurven und entsprechenden Abszissenachsen begrenzten Figurenflächen verhalten sich zueinander wie die Gesamtfrequenzen der Reihen. Der

Als Beispiele seien die drei akkommodierten Normalkurven in Fig. 43 erwähnt (in der rechten unteren Ecke der Tafel).

Werden mit dem akkommodierten Normalkurvenbild der zu untersuchenden Reihe die wirklichen Klassenfrequenzen der Reihe in Zusammenhang gebracht [1], so erhält man ein Bild davon, wie sich die Elementverteilung der Reihe der normalen Verteilung anpasst.

Wenn jedoch die höheren Charakteristika der Reihen: S, E, sowie eventuell noch höhere, zeigen, dass die Elementverteilung der Reihen nicht genau genug der Normalkurve folgt, so wird bei der analytischen Ausgleichung der Beobachtungsreihen eine Frequenzkurve verwendet, welche allgemeiner ist als die Normalkurve.

Von den vielen Verfahren, die für die Konstruktion der Frequenzkurve der Reihen entwickelt worden sind, wird hier das von Charlier ausgearbeitete und benannte, wie erwähnt, von Gram, Thiele u. a. prinzipiell entwickelte Frequenzkurvenverfahren des sog. »A-Typus» vorgeführt, wobei sich Verf. jedoch auf die drei ersten Glieder der Reihe beschränkt, was den Bedürfnissen dieser Untersuchung genügt. Die Grundformel dieser Kurve ist

$$Y = \varphi_0(X) + \beta_3 \varphi_3(X) + \beta_4 \varphi_4(X),$$

wo $\beta_3 = \frac{S}{3}$ und $\beta_4 = \frac{E}{3}$, sowie $\varphi_3(X) =$ die dritte und $\varphi_4(X) =$ die vierte Ableitung der Wahrscheinlichkeitsfunktion sind. [2]

gegenseitige Vergleich der Reihen wird so besonders anschaulich. — Gerade um dies zu erreichen, wird u. a. die Normalkoordinate Y mit dem »Standardwerte» der Gesamtfrequenz und nicht mit der Gesamtfrequenz selbst transformiert. — Vgl. die Berechnung der Klassenfrequenzen weiter unten.

[1] Dies wird annähernd durch den Klassen entsprechende Rechtecksäulen oder nur durch deren Zentrumordinaten charakterisierende Punkte erreicht. Diese Klassenordinaten werden hier durch Division der Klassenfrequenzen N mit dem Klassenintervall w (also $\frac{N}{w}$) erhalten. — Vgl. das unmittelbar Folgende.

[2] Die dritte und die vierte Ableitung der Wahrscheinlichkeitsfunktion sind

$$\varphi_3(X) = \frac{d^3 \varphi_0(X)}{dX^3} = (-X^3 + 3X)\, \varphi_0(X),$$

$$\varphi_4(X) = \frac{d^4 \varphi_0(X)}{dX^4} = (X^4 - 6X^2 + 3)\, \varphi_0(X).$$

Diese Faktoren sind tabellarisiert in Charlier's Werken 1906, S. 45 bzw. 46, sowie 1920, S. 124 bzw. 125.

Die Zahlenwerte der dritten Ableitung der Wahrscheinlichkeitsfunktion sind mit

Auf die oben genannte Weise akkommodiert, erhält diese Formel die Form

$$y = \frac{\Sigma N}{\sigma}\left\{\varphi_0\left(\frac{x-M_1}{\sigma}\right) + \beta_3\varphi_3\left(\frac{x-M_1}{\sigma}\right) + \beta_4\varphi_4\left(\frac{x-M_1}{\sigma}\right)\right\}.$$ [1])

Ein Vergleich zwischen der Normalkurve und der allgemeingültigeren Ausgleichungskurve ist geeignet, Klarheit über die besondere

entgegengesetzten Vorzeichen auf verschiedenen Seiten des Mittels zu verwenden. In den erwähnten Tabellen von CHARLIER gehören die Zeichen zur Plusseite der Kurve, so dass sie auf der Minusseite zu ändern sind (vgl. CHARLIER 1910, S. 61, und 1920 S. 68, 120).

Bei der Anordnung der Rechnung kann man mit Vorteil eine Rechentabelle, wie sie CHARLIER 1920, S. 69 bietet, benutzen.

[1] CHARLIER nennt seine erwähnte Frequenzkurve — indem er sich auf gewisse Elementarfehlertheorien HAGEN's (1837, S. 34 ff.) stützt — Frequenzkurve des Fehlergesetzes vom Typus A (1905 a, b, c). Diese Benennungen, wie überhaupt CHARLIER's prinzipielle Einteilung der Elementverteilungskurven in A- und B-Typen, haben jedoch nicht allseitig Anerkennung gefunden (vgl. z. B. ELDERTON 1906, S. 160—162; JØRGENSEN 1916, S. 43—45; V. BORTKEWITSCH 1922; STEFFENSEN 1923, S. 71).

Ausser den obengenannten skandinavischen Gelehrten haben auch z. B. BRUNS (1897, 1906) und EDGEWORTH (z. B. 1904, 1906) GRAM's und THIELE's Anregungen bei der Entwicklung von Frequenzkurven benutzt. — Was die übrigen Verfahren anbelangt, seien vor allem PEARSON's weit entwickelte Kurventypeneinteilung (z. B. 1894 etc. und ELDERTON 1906) und die bekannten Entwicklungen von FECHNER (1897), KAPTEYN (1903) sowie von KAPTEYN und VAN UVEN (1916) genannt.

FEKETE (1902) und nach ihm SCHIFFEL (1903), RÓNAI (1914), WIMMER (1914) u. a. haben zur Darstellung der Frequenzkurve die Elementstreuungscharakteristika verwendet: GALTON's Dezilen sowie Minimal- und Maximalvariantenzahlenwerte. FEKETE hat seine Ogive in absoluten Variantenzahlenwerten und SCHIFFEL die seinige so dargestellt, dass er diese Charakteristika in Relation zum Zahlenwert des arithmetischen Mittels ausdrückte. Als analytischen Ausdruck der Kurven hat SCHIFFEL die allgemeine Kurvenformel verwendet

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

(vgl. hier S. 134—135), mit deren Hilfe, unter Heranziehung der Methode der kleinsten Quadrate, eine allgemeingültige Ausgleichung annähernd ausgeführt werden kann. — Später wurde SCHIFFEL's Modifikation z. B. von SCHOTTE (1916—1917, S. 651—652) und HAGELBERG (1918) benutzt. HAGELBERG hat das Verfahren weiterhin abgeändert, indem er anstelle der Stammzahl den relativen Brusthöhendurchmesser als Grundlage der Verteilungskurven anwandte; von den von HAGELBERG akkommodierten Verteilungskurven beruhen nur einige auf einer Art Dezilenausgleichung (in diesen Fällen sind die Dezilen ordinatenweise dargestellt).

Wie CAJANUS (1914, S. 19—20), auf YULE's (1916, S. 153) prinzipielle diesbezügliche Erörterung gestützt, bemerkt hat, bringt ein exakter Übergang von der Dezilen-

Form der Reihenvariation zu geben, soweit der Grad der Homogenität und Repräsentativität der Reihe eine signifikante Beurteilung zulässt und insofern die Reihe in das Anwendungsgebiet des betreffenden Untersuchungsverfahrens fällt (vgl. die Untersuchungsergebnisse).

Der Umstand wiederum, dass die Kurven in absoluten Zahlenwerten dargestellt sind, ermöglicht einen Vergleich nicht nur zwischen den relativen Formen der verschiedenen Reihen, sondern auch deren absoluten Charakteristika, Variantenzahl, Streuung und Mittel miteinander, unter sonst gleichartigen Verhältnissen. Ein solcher Vergleich ist in manchen Fällen wichtig; es sei z. B. der Vergleich zwischen verschiedenen Holzarten, Standorten, Altersstufen usw. erwähnt. — Solche vergleichende Darstellungen sind hier in Fig. 43 vorgenommen. [1]

ausgleichung zu den bei der Waldbestandesstammverteilung allgemein verwendeten absoluten, äquidistanten Massintervallen (vorzugsweise hinsichtlich des Durchmessers) beträchtliche Schwierigkeiten mit sich, so dass die praktische Anwendung des Verfahrens einigermassen fragwürdig ist. HAGELBERG's Bemerkung (S. 517), dass im Gegenteil das von CAJANUS befolgte Verfahren bei der Charakterisierung der Reihenverteilung (das oben erläuterte) keine direkte praktische Anwendbarkeit besitze, ist natürlich ganz unbefugt.

Schon die DRAUDT-URICH'sche Methode hinsichts Klassen mit gleichgrossen Stammzahlen versucht mit ihren Charakteristikumwerten ebenfalls gewissermassen eine Interpretation der Stammverteilung auf allgemeingültigere Weise zu geben. Die Anwendungen in dieser Richtung sind zahlreich, darunter solche, bei denen die mittleren Durchmesser der Klassen in Prozenten vom mittleren Durchmesser des Bestandes ausgedrückt sind (z. B. GRUNDNER 1888, sowie 1904, S. 111—116).

Ein noch einfacheres Verfahren ist die graphische Frequenzausgleichung. Besonders ist das Verfahren im Zusammenhang mit relativen Frequenzverteilungen angewendet worden, wobei die Ausgleichung zwischen den verschiedenen Reihen von Klasse zu Klasse vorgenommen wurde. (Vgl. derartige Ausgleichungen hinsichtlich der Durchmesserverteilung der Bestände; z. B. SCHUBERG 1888, Fig. 6; v. GUTTENBERG 1912, S. 228; MAASS 1911 b; FLURY 1916, S. 249 ff.)

[1] Siehe auch z. B. GRAM's schöne akkommodierte Reihenvergleiche (1889, S. 115).

CHARLIER hat für Kurvenformenuntersuchungen die Normalkoordinaten X und Y, also die Grundformen der Kurvenformeln vorgeschlagen. Da jedoch dabei die Kurve im Verhältnis zu ihrer Breite recht flach wird, schlägt er vor, die Ordinatenwerte mit dem beliebigen Faktor 5 zu multiplizieren, so dass die verwendete Formel die Form erhält (1910, S. 56, sowie 1920, S. 62, Fussnote)

$$Y = 5\{\varphi_0(X) + \cdots\}.$$

Dies bedeutet sachlich, dass die von der GAUSS'schen Kurvengleichung geschaffene Figurenfläche 1 zu 5 wird, wenn σ^2 die Einheit ist. Der Vorteil, den CHARLIER bei Verwendung dieses Multiplikators erzielen will, dass nämlich die Variation der Ordinate aus der gezeichneten Frequenzkurve deutlicher hervortrete, wiegt nicht den Nachteil auf, der sich aus der nunmehr unumgänglichen Multiplizierarbeit ergibt. Da

Die mit Hilfe der Frequenzkurve erreichte Ausgleichung ist u. a. in dem Sinne zu verstehen, dass die von der Kurve und von der ihr entsprechenden Basis begrenzte Fläche, wie schon erwähnt (vgl. S. 124 Fussnote 2), die Gesamtvariantenfrequenz der Reihe vertritt. Sind die Reihenelemente klassifiziert, so vertreten die Figurenteilflächen, die zwischen den den Grenzwerten der Klassen entsprechenden Ordinaten verbleiben, die Elementfrequenzen der Klassen.

Die Bestimmung dieser Klassenfrequenzen ist durch Berechnung der entsprechenden Figurenteilflächen vorzunehmen.

Was die akkommodierte Normalkurve anbelangt, ist die Frequenz N' der Klasse $x_1 - - x_2$ (es ist $x_1 < x_2$)

$$N' = \Sigma N \int_{X_1}^{X_2} \varphi_0(X)\, dX,$$

wo also $X_1 = \frac{x_1 - M_1}{\sigma}$ und $X_2 = \frac{x_2 - M_1}{\sigma}$, wie oben schon erwähnt und aus den Formeln der akkommodierten Frequenzkurven zu ersehen ist. Die Normalintegralstandardwerte sind fertig ausgerechnet aus den Tafeln zu ersehen.[1]

genannte Ziel wird am natürlichsten durch Vergrösserung des Ordinatenmassstabes im Vergleich zum Abszissenmassstab erreicht. Die Massverhältnisse der Kurve können so nach Wunsch gestaltet werden, wobei gleichzeitig die von der Formel geschaffenen ursprünglichen Zahlenwerte als solche erhalten bleiben. — Diese Lösung hat übrigens CHARLIER auch selbst früher benutzt (1906, Fig. 6 etc.).

CAJANUS hat die von CHARLIER empfohlene Darstellungsweise in ausgedehntem Masse verwertet (1914). – Die Form der Kurven, durch Normalkoordinaten dargestellt, ist auch in dieser Untersuchung durch eine Abbildung veranschaulicht (Fig. 1, S. 183).

[1] Eine solche Tabelle enthalten z. B. die früher erwähnten »SHEPPARD's Tables». Die Tafel gibt, für positive Werte von X, die Werte des Integrals

$$\int_{-\infty}^{X} \varphi_0(X)\, dX.$$

Mit Hilfe dieser Werte kann N' immer erhalten werden. Wenn die Klasse oberhalb des Mittels liegt, hat man

$$N' = \Sigma N \left[\int_{-\infty}^{X_2} \varphi_0(X)\, dX - \int_{-\infty}^{X_1} \varphi_0(X)\, dX \right],$$

und wenn unterhalb, entsprechend

$$N' = \Sigma N \left[\int_{-\infty}^{-X_1} \varphi_0(X)\, dX - \int_{-\infty}^{-X_2} \varphi_0(X)\, dX \right].$$

Was zweitens die von der allgemeinen auf S. 126 vorgeführten akkommodierten Ausgleichungskurve der Reihe bestimmte Klassenfrequenz betrifft, so wird diese durch entsprechende Integration erhalten. Die zu suchende Frequenz N'' zwischen den Klassengrenzen x_1 und x_2, entsprechend den Standardgrenzwerten X_1 und X_2 wie oben, wird erhalten aus der Formel

$$N'' = \Sigma N \int_{X_1}^{X_2} [\varphi_0(X) + \beta_3 \varphi_3(X) + \beta_4 \varphi_4(X)]\, dX.$$

Entwickelt lautet dieser Ausdruck

$$N'' = \Sigma N \int_{X_1}^{X_2} \varphi_0(X)\, dX + \Sigma N \{ \beta_3 (X_2^2 - 1) \varphi_0(X_2) - \beta_3 (X_1^2 - 1) \varphi_0(X_1) + \\ + \beta_4 (3 X_2 - X_2^3) \varphi_0(X_2) - \beta_4 (3 X_1 - X_1^3) \varphi_0(X_1) \}.$$

Alle diese Werte können in der angegebenen Weise bestimmt, bzw. aus den Tafeln ersehen werden.[1]

* * *

Fällt das Mittel (der Kurvengipfel) zwischen die Klassengrenzen, so ist die Frequenz der Klasse in zwei vom Mittel geteilten Teilen nach beiden Formeln zu berechnen.

Dass das Integralergebnis ohne weiteres mit dem Gesamtfrequenzbetrag ΣN multipliziert werden kann, beruht auf der Eigenschaft der GAUSS'schen Fehlerkurve, dass die von ihr bestimmte Fläche (gegen die Abszissenachse) in der verwendeten Grundform = 1 (vgl. vorige Fussnote) ist.

Weil nun die Klassenmerkmale in ursprünglichen Einheiten ausgedrückt sind, so sind die Standardwerte $X = \frac{x - M_1}{\sigma}$ der den Randordinaten der Klasse entsprechenden x-Werte zuerst zu berechnen. Infolgedessen müssen die Tabellenwerte im allgemeinen durch Interpolation aufgesucht werden.

[1] CHARLIER ist bei Bestimmung der Elementfrequenz der Klasse auf andere Weise verfahren. Statt einer Klassenfigurfläche, die von oben von der Frequenzkurve begrenzt ist, hat er die Fläche eines Rechtecks verwendet, das die Höhe der Zentrumordinate der Klasse und die Breite des Klassenintervalles w hat, wobei er die Formel

$$N'' = w \frac{\Sigma N}{\sigma} \left\{ \varphi_0\left(\frac{x - M_1}{\sigma}\right) + \cdots \right\}$$

erhielt (einige von den Bezeichnungen und die Form der Formel sind vom Verf.); er erläutert jedoch die Bedeutung der Formel mit den Worten (1910, S. 55; 1920, S. 62): »Mit Hilfe dieser Formel kann die theoretische Anzahl N'' der zur Klasse x gehörenden Elemente berechnet werden.» (Den Ausspruch hat CHARLIER im Zusammenhang mit der akkommodierten Normalkurve getan.) — Das Verfahren ist jedoch

In gewissen Fällen war es geboten, das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis zweier Eigenschaften statistisch zu untersuchen. Der Koeffizient, der zur Beurteilung einer solchen Zusammengehörigkeit bestimmt ist, war BRAVAIS' Korrelationskoeffizient r (1846). — Die Formel dieses Koeffizienten lautet mit den verwendeten Bezeichnungen

$$r = \left(\frac{\Sigma xy\,N}{\Sigma N} - M_x M_y\right) : (\sigma_x \sigma_y),$$

welche mit den für die Erleichterung des Rechnens benutzten Bezeichnungen folgende Form erhält:

$$r = \left(\frac{\Sigma xy\,N}{\Sigma N} w_x w_y - b_x b_y\right) : (\sigma_x \sigma_y).$$

x und y bezeichnen in diesen Formeln den Betrag der zu untersuchenden Eigenschaften der Beobachtungen, bzw. deren Klassen, und M_x, M_y, — σ_x, σ_y, usw., die arithmetischen Mittelwerte der x- und y-Eigenschaften der Reihen, — die entsprechenden Dispersionen, usw. (Siehe oben.)

Der mittlere Fehler des Korrelationskoeffizienten ist berechnet durch die Formel

$$\varepsilon(r) = \frac{1 - r^2}{\sqrt{\Sigma N}}.$$

In dieser Untersuchung wurde die Korrelationsrechnung nur dann verwendet, wenn das Abhängigkeitsverhältnis nicht unmittelbar in den graphischen Charakteristikumdarstellungen sichtbar wurde, die bei der Untersuchung so zahlreich vorgenommen werden mussten. Wäre nämlich jedesmal, wenn eine Abhängigkeit zwischen zwei gleichzeitigen Beobachtungen zu bemerken war, ein Korrelationsschema aufgestellt worden, so hätten diese Berechnungen zu Tausenden ausgeführt werden müssen (z. B. fast alle obenerwähnten Bestandescharakteristika ändern

nur ein Annäherungsverfahren. Der dadurch hervorgerufene Fehler ist folgender Art:

Zwischen den Inflexionspunkten geben die Rechtecke wegen der gewölbten Kurvenform einen positiven Fehler, der in der Mode-Mittelklasse kulminiert, wobei er hier, wenn die Klassenweite z. B. $^1/_2\sigma$ ist, einen + 1,0 %-igen und für eine Klasse von der Weite σ einen + 4,2 %-igen Fehler zeigt, — sowie ausserhalb der erwähnten Punkte, weil die Kurve hier nach unten konvex ist, einen negativen Fehler, z. B. bei Punkt + oder — $2\,\sigma$: — 3,0 % für eine Klasse von $^1/_2\sigma$ Breite und — 10,9 % für eine solche von der Breite σ. (Die Beispiele gelten für die Normalkurve.) — Ist die Klassenweite absolut dieselbe, aber die Dispersion in verschiedenen Reihen verschieden gross, so variiert der Klassenfehler in ihnen also in verschiedener Weise.

sich mit dem Alter — sie sind also davon abhängig), ohne dass meist irgend etwas Neues dadurch entdeckt worden wäre. Wo also die gegenseitige Abhängigkeit der zu untersuchenden Eigenschaften schon auf andere Weise als durch die eigentliche Korrelationsrechnung deutlich geworden war, blieb es meist bei einer derartigen allgemeinen Konstatierung, und die Ausgleichung wurde in diesem Falle nur in der gewöhnlichen Weise ohne Berechnung des Korrelationskoeffizienten vorgenommen.

Da die verschiedenen Ausgleichungsaufgaben — wie weiter unten auseinandergesetzt werden wird — untereinander in ausserordentlich innigem und weitumfassendem Zusammenhang standen, so dass die Ausgleichungen ohne weiteres sachlichen Gesichtspunkten folgen mussten, so lag kein besonderer Anlass vor, ihre Qualität hinsichtlich der Gerad- bzw. Krummlinigkeit noch durch das sog. Korrelationsverhältnis zu verfolgen, das sonst in solchen Fällen gewöhnlich angewendet wird.

Was dann die Fälle betrifft, in denen eine eigentliche Korrelationsrechnung ausgeführt wurde, so könnte die Korrelation auch in diesen noch auf andere Weise als durch eine solche Berechnung konstatiert werden, aber hier war die Berechnung doch interessanter wegen der in den Fällen zutage tretenden teilweise neuen Gesichtspunkte. Der deutliche lineare Charakter der Korrelation hat auch bei diesen Berechnungen die Anwendung des Korrelationsverhältnisses überflüssig gemacht. Ebenso sind diese Berechnungen hier auf Fälle beschränkt worden, in denen nur das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis von zwei Eigenschaften untersucht zu werden brauchte.

Erwähnt sei jedoch noch, dass die Untersuchung auch in anderen als den hier dargestellten Beziehungen Anlass gibt, die gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse gewisser Charakteristika unter Zuhilfenahme eines derartigen Rechenverfahrens zu untersuchen. Hierüber hofft Verf. sich noch in anderem Zusammenhang verbreiten zu können.

* * *

Die Zusammenfassung einzelner Bestandesuntersuchungsergebnisse zu durchgehenden Bestandes-Totalentwicklungsermittlungen führt unter der Voraussetzung, dass das Untersuchungsmaterial ausreichend, repräsentativ und einheitlich und die Behandlung sachgemäss ist, zur Kenntnis der Normalgesetzmässigkeiten der inneren Struktur und Entwicklung des Bestandes.

Eine solche fortlaufende Gesamtuntersuchung ist sowohl getrennt wie gleichzeitig auf die verschiedenen Hauptcharakteristika des Bestandes (Stammzahl, -höhe, -durchmesser, -form, -grundfläche, -volumen, sowie Kronenverhältnisse usw.) zu richten, und zugleich ist sie, soweit es möglich ist, mittels der oben behandelten mathematisch-statistischen Reihencharakteristika (Mittel, Dispersion, Asymmetrie-, Exzesskoeffizienten usw.) auszuführen. Dies, die Zusammenstellung der Primärbeobachtungen zu grösseren Untersuchungsreihen und die Auffindung allgemeiner Normalergebnisse, verlangt jetzt seinerseits die Vornahme einer eigentlichen Reihenausgleichung.

Von den zahlreichen Ausgleichungsverfahren, die bei dieser Untersuchung angängig gewesen wären und auch teilweise verwendet worden sind, konnte für die schliessliche Ausfeilung der Ausgleichungswerte (abgesehen von der geschilderten Frequenzausgleichung) nur eins übrigbleiben, die graphische Ausgleichung. Dies aus besonders gewichtigen Gründen.

Kaum eine von den überaus vielen Ausgleichungen, die bei dieser Arbeit gemacht wurden, war nämlich von anderen Ausgleichungen unabhängig oder ohne Einfluss auf dieselben. Im Gegenteil war die Ausgleichung hier, wo die Untersuchung graduell von Baumklassen zu Etagen und von diesen weiterhin zur Bestandesgesamtheit fortschritt, — wo sowohl diese Teileigenschaften als auch deren Hauptgesamtheiten wegen der Eigenart mancher Charakteristika gleichzeitig, sowohl unabhängig als abhängig voneinander zu untersuchen waren, — wo viele wichtige Hauptcharakteristika, wie Stammzahl, Höhe, Durchmesser usw. und deren Sondercharakteristika, soweit sie untersucht werden konnten, nämlich Mittelwert, Dispersion usw., in innigster Wechselwirkung standen, indem sie auf Dutzende, ja Hunderte von anderen Ausgleichungen wirkten, — und wo schliesslich, wie erwähnt, das Alter mit seinen ebenfalls berührten erschwerenden Momenten ein Charakteristikum war, auf dem die Analyse aller anderen Charakteristika vorbereitend fussen musste, — nur unter Voraussetzungen möglich, die lediglich die graphische Untersuchung bietet.

Ein rechnerisches Ausgleichungsverfahren, das in einem solchen Reihenlabyrinth die erforderlichen Ausgleichungen mit befriedigender Einheitlichkeit durchzuführen gestattete, ist nämlich bis jetzt noch nicht erfunden — und kann wohl auch kaum erfunden werden.[1] — Dass

[1] Vgl. z. B. den Ausspruch GRAM's hierüber (1879 b, S. 245).

die Aufgabe andrerseits auch beim graphischen Ausgleichungsverfahren nicht besonders leicht ist, ist ebenfalls verständlich. Die Behandlung langer Reihen zusammengehöriger Ausgleichungen, die mehrmals vor- und rückwärts durchgesehen werden müssen, anfangs in groben Zügen, schliesslich nur mit Oszillationen bis zu $^1/_{10}$ Millimeter, stellt hohe Anforderungen an die Geduld und Aufmerksamkeit des Forschers. — Wichtig ist nun hier, dass das graphische Verfahren die Elastizität besitzt, die es ermöglicht, Einheit zwischen den voneinander abhängigen Charakteristika herzustellen.

Ausgedehnte Abhängigkeitsausgleichung bietet andrerseits den beträchtlichen Vorteil, dass das Subjektivitätsmoment — gewöhnlich der schwerwiegendste Einwand gegen das graphische Ausgleichungsverfahren — bei einer derartigen kombinierten Ausgleichung seinen Stachel verliert. Mögliche Unebenheiten schleifen sich ab, verschiedene Ausgleichungen berichtigen einander fortwährend. Eine derartige Abhängigkeit der Charakteristika ist somit tatsächlich geeignet, die Objektivität und Stichhaltigkeit der Ausgleichung zu fördern. —

Das hier Gesagte schloss jedoch nicht gänzlich die Verwendung anderer Ausgleichungsmethoden als nur der graphischen aus. Es war nämlich vielfach von Nutzen, in verschiedenen Reihen zunächst eine vorbereitende rechnerische Richtungsorientierung vorzunehmen und erst danach zu einer Gradation durch vorsichtige Bewegungen nach der einen oder anderen Seite, je nachdem es die voneinander abhängigen Reihen forderten, zu schreiten.

Ebenso war es bisweilen von Vorteil, die Zahlenwerte der Beobachtungswerte gewisser Reihen provisorisch zu ändern, diese transformierten Zahlenwerte in bequemeren Zahlenformen auszugleichen und dann die ausgeglichenen Werte in ihre ursprünglichen Formen zurückzuführen. Oder es wurde auch versucht, das Ausgleichungsverfahren zu vereinfachen, indem bestimmte Änderungen in den Achsenteilungen des Diagramms vorgenommen oder das Material provisorisch in zwei oder mehr getrennte Teile zerlegt wurde, usw. —

Im folgenden wird kurz auf die in dieser Untersuchung benutzte Ausgleichungsarbeit eingegangen.

Bei der geradlinigen Ausgleichung wurden Formeln verwendet, welche sich auf die Methode der kleinsten Quadrate gründen. Die Ausgleichungsgerade wird hier, wie bekannt, entweder nach den lotrechten, wagrechten oder gegen die Ausgleichungsgerade selbst senkrechten Abweichungen bestimmt.

Die ersten zwei Ausgleichungsgeraden werden mit Hilfe der Normalformeln der Methode der kleinsten Quadrate erhalten, von denen z. B. die Paarformeln der zuerst erwähnten Ausgleichungsweise lauten:

$$\begin{cases} a\,\Sigma N + b\,\Sigma x N = \Sigma y N \\ a\,\Sigma x N + b\,\Sigma x^2 N = \Sigma x y N, \end{cases}$$

wenn die Gleichung der Ausgleichungsgeraden

$$y = a + bx$$

ist.

Benutzt man die Charakteristika bzw. die Bezeichnungen des oben erörterten statistischen Korrelationsverfahrens, so werden die zwei erwähnten Ausgleichungsgeraden, wie bekannt, durch die entsprechenden »Regressionsgleichungen» erhalten:

$$y = r\,\frac{\sigma_y}{\sigma_x}(x - M_x) + M_y,$$

$$x = r\,\frac{\sigma_x}{\sigma_y}(y - M_y) + M_x,$$

von welchen die erstere die »lotrechte» und die letztere die »wagrechte» Ausgleichung im rechtwinkligen Koordinatensystem repräsentiert.

Die Ausgleichungsgerade, bei der die Abweichungen senkrecht gegen die Gerade selbst berechnet werden, wird erhalten durch die Formelreihe (vgl. z. B. WIRTH 1920, S. 105 ff.)

$$\begin{cases} \operatorname{tg} 2v = \dfrac{2 r \sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} \\ M_y = a + \operatorname{tg} v \cdot M_x; \end{cases}$$

$$y = a + \operatorname{tg} v \cdot x,$$

wo v somit der Winkel zwischen der gesuchten Geraden und der Abszissenachse ist. —

Bei krummlinigen Ausgleichungen wurde nach Bedarf der Ausdruck für die gerade Linie durch einen, zwei usw. Termini unter proportionaler Zunahme der zu bestimmenden Parameter fortgesetzt. Die angewandte Formel war also bei einer Ausgleichung parabolischen Charakters von der allgemeinen Form

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \cdots,$$

und bei einer Ausgleichung von Hyperbelcharakter von der Form

$$y = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2} + \frac{d}{x^3} + \cdots .$$

Die Koeffizienten a, b, c ... wurden durch die Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. [1]

Auch Pearson's (1902) und Elderton's (1906) sog. »Momentenmethoden», die entsprechend einfacher als die Methode der kleinsten Quadrate sind und deren Anwendung hier vielleicht nahe gelegen hätte, wurden probeweise bei Ausgleichungen von Parabelcharakter herangezogen, aber es musste von ihnen wegen der besonderen mit ihnen verknüpften Bedingungen, die das zu untersuchende Material nicht erfüllte, Abstand genommen werden.

In gewissen Fällen wurden auch mechanische Partialausgleichungsformeln, wie z. B. die von Finlaison-Wittstein, Filipowski u. a. (vgl. z. B. Blaschke 1906, S. 222 ff.) verwendet.

Gram hat für die Ausgleichung von Reihenbeobachtungswerten, die in Art einer Parabel oder einer Hyperbel verlaufen (Bestandescharakteristika, wie Höhe, Durchmesser, Formhöhe, Grundfläche, Volumen, Stammzahl), folgende Formel vorgeschlagen (1879 b, S. 219 ff.; 1889, S. 127 ff.):

$$y_x = a x^n c^x .$$

Diese kann man schreiben in der Form

$$\log y_x = \log a + x \log c + n \log x ,$$

und, wenn man die Bezeichnungen: $\log a = \delta$, $\log c = -\vartheta$ (c ist immer ein echter Bruch) einführt,

$$\log y_x = \delta - \vartheta x + n \log x ,$$

wo x das Alter sowie a, c und n (bzw. δ, ϑ) gewisse Konstanten sind. [2]

[1] Die von Cajanus angewandte, die Verminderung der Stammzahl des Bestandes anzeigende Formel (1914, S. 132)

$$N = \frac{x + Ay}{A^2}$$

ist ein Sonderfall der letzterwähnten Formel. Cajanus hat nämlich in der dreigliedrigen Formel dem Parameter a den Wert Null gegeben, um die wagrechte Asymptote der Kurve mit der Abszissenachse zusammenfallen zu lassen; seine Bezeichnungen x und y entsprechen den Parametern c und b der Grundformel, und A entspricht der Variabeln x (Alter).

[2] Die Kurve wäre höchstens bis zu dem von ihr bestimmten Kulminationspunkt verwendbar, wenn es sich nämlich um eine positive Korrelation zwischen x und y handelt (1879 b, S. 219).

Nach GRAM ist die Formel in der Weise zu verwenden, dass drei die Reihe möglichst gut repräsentierende Punkte gewählt und die Konstanten so bestimmt werden, dass die Kurve durch diese Punkte verläuft. Entsteht nicht sogleich eine befriedigende Ausgleichung, so ist die Rechnung unter Anwendung anderer Grundpunkte erneut vorzunehmen, bis die gefundene Lösung befriedigende Resultate liefert, — wenn das Verfahren überhaupt in dem fraglichen Falle angängig ist.

Es handelt sich also nur um ein elementares Interpolationsverfahren. Wie im allgemeinen bei einem so angewandten Interpolationsverfahren werden auch hier die Zahlenwerte nur gewisser ausgewählter Beobachtungen berücksichtigt, während die anderen nur den »Hintergrund» für die vorzunehmende Ausgleichungsberechnung abgeben. (Vgl. z. B. WESTERGAARD 1915, S. 265—305, besonders S. 292.) — Da das Verfahren somit keinerlei wesentliche Vorteile gegenüber dem graphischen Ausgleichungsverfahren bietet, lag kein Grund vor, es in dieser Untersuchung anzuwenden.[1]

R. WEBER's bekannte mathematische Gleichungen zur Charakterisierung des Holzzuwachses (z. B 1891) hier anzuwenden, war ebenfalls nicht angezeigt. Teilweise nämlich deshalb, weil sie sich nicht zur Ausgleichung des Primärmaterials eignen, sondern erst dann gebraucht werden können, wenn die Ausgleichung schon nach einem anderen Verfahren vorgenommen worden ist, und teilweise deshalb, weil die Stichhaltigkeit jener Gleichungen — wenn sie überhaupt am Platze sind — sich nur auf recht kurze Zeitintervalle zwischen der »Jugendaltersgrenze» und der »Alternsgrenze»[2] beschränkt, teilweise auch deshalb, weil die oben dargelegte

[1] Trotz der Bedingtheit der Anwendung hat z. B. A. OPPERMANN dieses GRAM'sche Interpolationsverfahren zu Ausgleichungen in ausgedehntem Masse benutzt (siehe z. B. »Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark», København, worin zahlreiche derartige Untersuchungen). Ebenso hat Y. ILVESSALO versucht, LAGRANGE's bekanntes Interpolationsverfahren auf dieselbe Weise zu verwenden (1920 b, S. 62). — Hierzu sei noch bemerkt, dass GRAM selbst sein Verfahren als einen Notbehelf zu annähernder Ausgleichung angesehen hat, und dass er im übrigen ausschliesslich das Verfahren der kleinsten Quadrate befürwortet (1879 b, S. 219).

[2] Was diese Altersgrenzen anbelangt, vermutet WEBER, dass er sie habe biologisch zutreffend bestimmen können und dass die Anwendung seiner Formel mit einer solchen Definition zusammenfalle (z. B. »Jugendzustand», -stadium», S. 152). URSTADT gibt dies nicht zu, sondern bemerkt, dass WEBER's Altersgrenzen keine weitere Bedeutung haben, als dass sie Alterspunkte vertreten, von denen ab WEBER's Formeln einfach nicht mehr zutreffen (1906, S. 46). Nach FLURY variieren diese Altersgrenzen auch auf im voraus unbestimmbare Weise, ja sogar mit recht grosser Amplitude (1907, S. 262). — Vgl. auch S. 140 Fussnote 2.

Methode der kleinsten Quadrate — abgesehen davon, dass sie ein eigentliches Ausgleichungsverfahren ist — auch, was die Wahrscheinlichkeit der erhaltenen Zuwachskurven anbelangt, wenigstens teilweise ebensogute Ergebnisse wie Weber's Gleichungen liefert (vgl. Urstadt 1906, S. 37 ff.[1], sowie auch Flury's erschöpfendes und im allgemeinen negatives Urteil über Weber's erwähnte Zuwachsformeln, 1898 a und besonders 1907, S. 258—266). —

Als ganz glücklich haben sich die mathematischen Interpretationen der Zuwachskurven im allgemeinen nicht erwiesen. Wenigstens auf das Material des Verf., das eine recht lange Wachstumszeit umfasst, sind sie im allgemeinen nicht vorteilhaft anzuwenden, und auch bei einigen anderen Forschern haben sie keine ungeteilte Anerkennung gefunden. Derartige Versuche haben übrigens, ausser den oben erwähnten Forschern Gram, Weber und Cajanus, z. B. Sivén (1891, 1896, 1904 etc.), Gehrhardt (1901, 1909, 1921 a, b, 1922, 1923), Höjer (1903), Schiffel (1904), Urstadt (ausser 1906, auch 1909), Lindholm (1909), Tischendorf (1925 b) unternommen. Von Forschern, die sich mehr oder weniger ablehnend verhalten, seien, ausser Flury, z. B. auch Endres (1889), Wimmenauer (1909), Glaser (1911), Dieterich (1922 b) genannt.[2]

Kurz, dies alles bedeutet, dass die schliessliche Ausgleichung jedenfalls — wie auch in dieser Untersuchung aus recht schwerwiegenden Gründen getan wurde — unter Heranziehung der graphischen Ausgleichung vorzunehmen ist. —

Was schliesslich die verschiedenen Hilfsmittel anbelangt, die, wie erwähnt, zur Erleichterung und Sicherung der Ausgleichung benutzt worden sind, so waren sie von folgender Art.

Da die geradlinige Ausgleichung im allgemeinen einfach ist, wurde — wo sich die Voraussetzungen dazu boten — eine solche graphische Darstellung der auszugleichenden Reihe erstrebt, dass die Ausgleichung geradlinig gestaltet werden konnte. Gab die gewöhnliche arithmetische Darstellungsform der Beobachtungswerte hierzu keine Gelegenheit, so war zu versuchen, ob nicht irgendein anderes Wertsystem für die geradlinige Ausgleichung eine günstige Punktdarstellung lieferte. Daher wurde der Versuch gemacht, die Ausgleichung mit Hilfe einer von der Variablen auf bestimmte Weise abhängigen

[1] Urstadt's vergleichende Untersuchungen betreffen nur die Zuwachskurven einzelner Bäume.

[2] Vgl. auch S. 146 Fussnote.

Hilfsgrösse vorzunehmen. Solche Hilfsgrössen wurden entwickelt, indem die zu untersuchende Variable in geeignete Potenzen erhoben wurde, die entweder grösser oder kleiner als Eins waren, oder durch Logarithmieren derselben. (Vgl. z. B. WESTERGAARD 1915, S. 274.)

Die geradlinige Ausgleichung erwies sich jedoch in vielen Fällen nicht als geeignet, und vor allem führte ein solches Verfahren in denjenigen Fällen nicht zu befriedigenden Ergebnissen, wo die Grösse der Variablen als Funktion des Alters untersucht werden sollte. Der Zuwachs ist, wie bekannt, innerhalb eines langen Altersintervalls so komplizierten Variationen unterworfen, dass durch eine derartig elementare mathematische Anordnung im allgemeinen keine geradlinigen Materialdarstellungsformen erzielt werden können. Bei kürzeren Zeitabschnitten kann das Verfahren freilich gelingen, aber nicht bei so langen wie hier — 150 J. —, und die Einteilung des Materials in mehrere Zeitabschnitte war andrerseits oft nicht für die Sache von Vorteil.

Das Verfahren konnte so in der ersten Phase dieser Untersuchung eigentlich nur auf einen Fall angewandt werden (abgesehen von den Fällen, in denen die geradlinige Ausgleichung schon sowieso durchgeführt wurde), nämlich dann, wenn zu untersuchen war, ob prinzipielle Verschiedenheiten in der Variation der relativen Vollholzigkeit zwischen den einzelnen echten Baumklassen desselben Bestandes und derselben Etage vorhanden waren.[1] —

Eine provisorische Vertauschung der zu untersuchenden Variablen ist natürlich nicht nur für die Durchführung der geradlinigen Ausgleichung von Vorteil. Schon der Umstand, dass die Ausgleichung überhaupt, wenn auch nur in geringerem Umfang vereinfacht wer-

[1] Wie bekannt und wie auch früher erwähnt, hat KOPEZKY (z. B. 1900 und 1902) versucht, eine sog. Massengerade für die Quadratwerte der Brusthöhendurchmesser zu schaffen, wobei er also ein Verfahren von der erwähnten Art auf dem Gebiete der Probestammausgleichung innerhalb des Bestandes verwendete. Verf. hat dieses Verfahren in der Weise entwickelt (1917, S. 38 ff.; 1919, S. 74 ff.), dass die Durchmesserwerte in eine Potenz erhoben werden, die der individuellen Anforderung der Formhöhenvariation eines jeden Bestandes gemäss sind, also im allgemeinen in eine mehr als zweite Potenz, zwecks Erreichung der geradlinigen Ausgleichung. (Wie bekannt, ist nämlich die Formhöhe (*FH*) wenigstens im Naturbestand nicht konstant, wie KOPEZKY's Anwendung voraussetzt. Vgl. z. B. die vorliegende Untersuchung, sowie Y. ILVESSALO (1920 b, S. 47; 1921, S. 44), der dieses elastischere Verfahren mit Erfolg angewandt hat, und ebenso neulich TISCHENDORF (1925 c, S. 795 ff.).)

Von anderen derartigen Anwendungen seien erwähnt z. B. SAARI's Quadratwurzelanpassung (1922, S. 63 ff.) und R. WEBER's logarithmische Abszissenteilung (1891, S. 246).

den kann, macht ein solches Verfahren oft nützlich. Besonders hat sich die Ausgleichung der Logarithmenwerte der Variablen häufig als bedeutend einfacher und sicherer erwiesen als die Verwendung von deren Primärwerten, und besonders ist das Verfahren dann zu empfehlen, wenn der Grössenunterschied der auszugleichenden Variabelwerte erheblich ist.

Als solcher Fall sei aus dieser Untersuchung die Stammzahlenvariation angeführt. Zwischen jungem und altem Bestand ist bekanntlich ein sehr grosser Stammzahlenunterschied pro Flächeneinheit, was die graphische Ausgleichung als solche unbequem macht. Die entsprechende Logarithmenausgleichung dagegen bietet keine grösseren Schwierigkeiten.[1] —

Wie erwähnt, gewann der Umstand, dass die verschiedenen Ausgleichungen in ausgedehnter Wechselwirkung miteinander stehen, recht grosse Bedeutung für die Sicherung der Ausgleichung. Um die Vorteile hinsichtlich der Genauigkeit, welche die gegenseitige Abhängigkeit der Ausgleichungen bot, möglichst gründlich auszunutzen, wurden die meisten Ausgleichungen gleichzeitig vorgenommen, wobei die Resultate durch beständige Kontrollberechnungen hie und da geprüft wurden und den Reihen noch einige solche Abhängigkeitsuntersuchungen beigefügt wurden, die in diesem Zusammenhang noch nicht vorgeführt werden konnten.

Ebenso ist es natürlich, dass die entsprechenden Zuwachskurven der verschiedenen Waldtypen mehr oder weniger einander ähnlich, obgleich der Gradation nach oft verschieden sind. Bei der Herausarbeitung der äusseren Form der Kurve war so ein Vergleich zwischen den verschiedenen Standortsreihen von Nutzen.

Für die Ausgleichung der Kurven boten auch die in den graphischen Darstellungen der Beobachtungswerte auftretenden lotrechten Strecken, welche die früher erwähnten verdreifachten Mittelfehler der Charakteristikumwerte wiedergeben, eine gute Handhabe, soweit eine Mittelfehlerberechnung vorgenommen werden konnte. — Siehe hierüber näher das folg. Kapitel.

Damit die Ausgleichung neben einer möglichst grossen Allgemeingültigkeit auch bei der Teilkontrolle der Kurven hochgestellte Anforderungen erfülle,wurden aus den Zahlenwerten gewisser wichtigerer Kurven Differenzen, oft mehrere solche, gebildet und der Verlauf der diesen entsprechenden Kurven sowohl untereinander wie auch in bezug auf die

[1] Über die Logarithmenausgleichung und deren Vorteile siehe z. B. Gram (1879 b S. 215), Benini (1905), v. Poellnitz (1914), Bowley (1920, S. 169—177), Žižek (1923, S. 192 ff.).

ursprüngliche Mutterkurve geprüft. Der Verlauf der Mutterkurve konnte nun durch diese Massnahme besonders laufend gestaltet werden.[1] —

Was schliesslich noch die allgemeine Form der Kurve anbelangt, wurde z. B. die allgemeine Bestimmung befolgt, dass in die Kurve keine sog. Singularpunkte, wenn sie nicht durch gewichtige Gründe motiviert sind, einbegriffen werden dürfen. Zweck der Bestimmung ist die störende Wirkung der zufälligen Variationen des Materials auszuschalten und die Aufmerksamkeit auf die wirklich signifikanten Richtungsvariationen zu konzentrieren.

Da der Betrag des Zuwachses im Anfang zunehmend, später aber abnehmend ist, entsteht beim Zuwachs bekanntlich eine Kulmination. Dies bedeutet natürlich eine Richtungsvariation der Zuwachskurve. Ein Singularpunkt von der erwähnten Art entsteht also in den meisten Zuwachskurven, und er ist in gutem Material auch im allgemeinen ziemlich leicht zu konstatieren.[2] Bei gewissen Zuwachskurven tritt ein solcher

[1] Z. B. die Stammzahl und deren fünf erste Differenzen (50—150 Jahre, mit 20 J. Intervall) waren in ausgeglichenen Reihen mit einer Genauigkeit von 5 bzw. 10 Stämmen (eine Einheitsgenauigkeit ist bei der Ausgleichung so grosser Zahlen gewiss nicht am Platze) folgende:

	MT					VT					CT				
Alter.	St.	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	St.	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	St.	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5
50	1910						2508						5350					
		820						1130						2410				
70	1090		455				1450		640				2940		1280			
		365		245				490		355				1130		670		
90	725		210		125		960		285		190		1810		610		350	
		155		120		55		205		165		95		520		320		180
110	570		90		70		755		120		95		1290		290		170	
		65		50				85		70				230		150		
130	505		40				670		50				1060		140			
		25						35						90				
150	480						635						970					

Die fünfte Differenz ist somit nur durch einen Punkt vertreten.

[2] PRESSLER unterscheidet im Leben des Baumes und des Bestandes drei Hauptperioden, nämlich (1865, S. 30): »Die erste oder Jugendperiode, oder Periode des Aufschwungs; die zweite oder Kraftperiode, oder Periode der Culmination; die dritte oder Alternsperiode, oder Periode des Abschwungs.« Die zweite Periode beginnt dann, wenn der laufende Volumzuwachs kulminiert, und endet in dem »Forstalter«, wo der mittlere Volumzuwachs seinen Gipfel erreicht, wo also laufender und mittlerer Zuwachs gleichgross sind. Die beiden anderen Perioden sind dadurch ebenfalls definiert. — Vgl. S. 136 Fussnote 2. — Die Frage, wie die hier erwähnten Altersstufen zu fixieren sind, hofft Verf. in anderem Zusammenhang näher behandeln zu können.

Punkt aus natürlichen Gründen nicht auf (z. B. bei der Gesamtstammzahlenkurve des Bestandes, bei der Brusthöhenformzahlenkurve usw.; vgl. die vorliegende Untersuchung). Die Fälle, in denen die Entwicklungskurve eine mehr variierende Formschwankung aufweist, sind ebenfalls ganz bestimmt, und teilweise wird die vorliegende Untersuchung, teilweise ihre geplante Fortsetzung gewisse derartige Fälle behandeln. —

Über andere, die Ausgleichungsfrage nahe berührende Sonderumstände wird weiter unten im jeweiligen Zusammenhang berichtet.

Die Prüfung der Homogenität des Bestandesmaterials.

Wenn man die Gesetzmässigkeiten der Entwicklung der Waldbestände erforschen will, ist es notwendig, dass das Bestandesmaterial, an welchem die Untersuchung gemacht werden soll, möglichst homogen ist.

Das forstliche Bestandesmaterial — dieselbe Holzart und dieselbe waldbauliche Behandlung vorausgesetzt — kann in zwei Hinsichten heterogen sein: die Bestände können von verschiedener Standortsbonität sein, und in dem Falle, dass sie derselben Standortsbonität angehören, können sie noch verschiedenen Bestandesbonitäten entsprechen.

Dass Bestände, die von verschiedener Bestandesbonität sind, kein homogenes Untersuchungsmaterial bilden können, liegt auf der Hand; es können ja doch die undichten bzw. lückigen Bestände in ihrer Entwicklung den vollgeschlossenen nicht entsprechen. Um ein in dieser Hinsicht homogenes Bestandesmaterial zu erhalten, hat man in den forstlichen Untersuchungen, wie bekannt, im allgemeinen mit normalen Beständen operiert.

Aber auch die normalsten Bestände brauchen unter sich kein homogenes Material zu bilden, wenn sie verschiedenen Standortsbonitäten angehören. Man kann wenigstens a priori annehmen, dass die Entwicklung der Bestände derselben Holzart an verschiedenartigen Standorten, z. B. der Kiefernbestände auf trockenem Heideboden, auf frischem fruchtbarem Waldboden und auf Reisermooren, eine wesentlich verschiedene Entwicklung zeigen werden. Wie in einem vorigen Kapitel erwähnt worden ist, sind in dieser Untersuchung die Standortsbonitäten durch die Waldtypen bestimmt worden, und es wären die Bedingungen der Homogenität demgemäss erfüllt, wenn das Bestandesmaterial nur normale, unter sich gleichartig gepflegte Bestände umfasst und jeder Waldtyp

gesondert für sich behandelt wird. Normalität und Typenreinheit der Bestände wären somit Bedingungen für die Homogenität des Materials.

Keiner von diesen beiden Begriffen ist jedoch an sich absolut, und demgemäss können normale Bestände desselben Waldtyps (bei derselben Holzart und derselben waldbaulichen Behandlung) unter sich gewisse Unterschiede zeigen.

So haben alle Waldtypen selbstverständlich eine gewisse Latitude. Weit verbreitete Waldtypen können in den verschiedenen Teilen ihres Verbreitungsgebietes unter sich Unterschiede aufweisen, gewissermassen in geographische Untertypen differenziert sein, auch kann dabei die Wirkung der Rasseneigenschaften der Holzarten zu Tage treten. In betreff des jetzt vorliegenden Materials ist dieser Fehler jedoch im grossen ganzen ausgeschaltet, denn geographisch muss das hier zur Anwendung gekommene Material als recht homogen bezeichnet werden. Aber auch in demselben engeren geographischen Gebiet können wohl Schwankungen vorkommen, indem allerlei Übergänge von Typ zu Typ durchaus nicht selten sind. Der Verf. ist bestrebt gewesen, möglichst typenreine Bestände auszuwählen, um diesen Mangel des Materials zu vermeiden. — Auch der Begriff der Bestandesnormalität ist einigermassen vag. —

Es wäre unzweifelhaft wichtig, schätzen zu können, welche Bedeutung diese zwei Kategorien von Mängeln an Homogenität — derjenigen, die von Schwankungen der Standortsbonität, und derjenigen, die von der nicht absoluten Gleichmässigkeit der Bestandesbeschaffenheit herrühren — haben. Gewisse interessante Gesichtspunkte bietet das vorliegende Material in dieser Hinsicht.

Nämlich bei der Durchmusterung der wichtigsten Gesamt- und Mittelwertcharakteristika des Materials (siehe die graphischen Darstellungen Fig. 2, 9, 12, 27, 44, 57) erweisen sich die Variationen in jeder Reihe als so gering, dass man meinen könnte, sie rührten insgesamt aus dieser wie jener der erwähnten Ursachen her, ohne dass hierdurch noch die Grenzen erreicht, geschweige überschritten würden, die man sich real für die von den erwähnten Ursachen bewirkten beiden Variationen für sich getrennt gesetzt denken kann. Man sieht, wie die Reihen der die einzelnen Probebestände der verschiedenen Waldtypen darstellenden Punkte im Diagramm im Verhältnis zueinander eine be-

merkenswerte Selbständigkeit zeigen, indem sie in manchen Fällen deutliche leere Zonen um sich lassen, was schon an sich von einer grossen Typenhomogenität zeugt.

Bei abermaliger eingehender Prüfung des Materials auf Grund der Verzeichnisse, die S. 82—84 vorgeführt sind, kann man wenigstens in der Eigenvariation der Bestände, d. h. in der relativen Bestandesnormalität, gewisse Ungleichmässigkeiten konstatieren. Wie schon früher erwähnt, wurden in dieser Hinsicht u. a. folgende Abweichungen beobachtet: die Entstehungsweise der Bestände war nicht überall dieselbe, ebenso vermutlich nicht die Entstehungsdichte, — die einen Bestände waren schwach gelichtet, während andere wahrscheinlich ganz unberührte Naturbestände darstellen, — gewisse Bestände wiesen etwas Mischholzarten auf, während andere ganz rein waren, ebenso war in den einen die B-Gruppe reichlicher vertreten als in anderen, — auch die Gleichaltrigkeit war nicht überall absolut, — usw.

Zwar sind diese Ungleichmässigkeiten sachlich nicht allzu bedeutend — es ist ja im Gegenteil versucht worden, sie bei der Auswahl der Probebestände auf ein möglichst geringes Mass zu reduzieren, — aber sie dürften doch so gross sein, dass sie eine solche, nicht ganz unbedeutende Variation hervorrufen können.

Wenn nun auch die Ursache zu der zutage getretenen Variation natürlich nicht ausschliesslich auf die Eigenvariation des Bestandes zurückzuführen ist, so beweist doch die hier vorgenommene Prüfung, dass die Eigenvariation, d. h. die von der Waldstandortsbonität unabhängige Variation des Bestandes an der im Material zu beobachtenden Variation wahrscheinlich mit einem recht bedeutenden Verhältnisanteil partizipiert — einem Anteil, der übrigens nach der subjektiven Ansicht des Verf. bestimmender ist als der Anteil der etwaigen Schwankungen im Ertragsvermögen innerhalb desselben Waldtyps.

* * *

Nachdem die Ursachen der Variationen im Bestandesmaterial prinzipiell berührt sind, sollen die Methoden und Charakteristika, nach denen die Homogenität eines solchen Materials geprüft wird, einer Erwägung unterzogen werden. Hier dürfte es zunächst angebracht sein, kurz über die Methoden zu referieren, die früher verwendet worden sind.

Als Kriterium für die Normalität der Bestände schlug v. BAUR (1881, S. 29 ff.) die Grundfläche (»Kreisfläche») vor, sowie als grösste zu gestattende Abweichung des zur Reihe gehörigen Bestandes von den höchsten in Frage kommenden Grundflächen, welche man findet (jedoch abgesehen von ausnahmsweise vorkommenden extremen Fällen) — 10 %. GANGHOFER (1881, S. 364) war derselben Meinung, jedoch mit der Modifikation, dass er 10—15 %-ige Abweichungen vom Maximalbetrag abwärts gestattete. Gemäss v. BAUR's Vorschlag beschloss die Versammlung des V. d. f. V. A. zu Ulm 1888 als Grenze 15 % (immer noch hinsichtlich der Grundfläche) vom »Normalwerte» sowohl auf- wie abwärts festzusetzen (vgl. v. LOREY 1889 a, S. 73).

Die relative Grundfläche (die wirkliche Grundfläche durch die als normal angesehene dividiert) ist später zu einem recht allgemeinen Charakteristikum bei der Untersuchung über relative »Dichte», »Geschlossenheitsbetrag» und -art», »Bonität», »Normalitätsbetrag» des Bestandes geworden. Zum gleichen Zweck und auf dieselbe Weise wurde ebenso das Volumen verwendet (vgl. z. B. Instruction — — 1901, S. 63). Auch die Stammzahl hat hier ihre Anhänger gefunden (z. B. FAUSTMANN 1855; SCHUBERG 1888, S. 93 ff.; BLOCK 1889, S 231; SCHIFFEL 1904, S. 26; BARTH 1910, S. 98; CAJANUS 1914).

Unter bestimmten Voraussetzungen hinsichtlich der Behandlung des Bestandes wurden bei der Bestandesbonitierung auch einige von den Charakteristika verwendet, die als Charakteristika bei der Waldstandortsbonitierung herangezogen worden sind. Z. B. »Gehaltshöhe» = Formhöhe: KÖNIG (1864, S. 335, Best.-B.; vgl. WEISE 1889, S. 142) — A. OPPERMANN (z. B. 1914, S. 355 Fussnote, Stand.-B.); Höhe: z. B. SCHUBERG (1888, S. 95 ff.), BÖHMERLE 1903, (Best.-B.) — nach mitteleuropäischem Muster in Skandinavien z. B. WESTBERG (1895, 1920), MAASS (1911 b, S. 204—208), JONSON (1914) und in Finnland HEIKKILÄ (1914, S. 11 ff.), (Stand.-B.); Durchmesser: z. B. SCHUBERG (1888, S. 95 ff., Best.-B.) — KIÆR (1909, S. 4, mit dem Durchmesserzuwachs kombiniert), MAASS (1911 b), SKOIEN (1923, S. 227 ff., ungefähr wie KIÆR), (Stand.-B.).[1]

Aber auch noch andere Charakteristika hat man in der betreffenden Beziehung benutzt, von denen ebenfalls einige bei Waldstandortsbonitierung verwendet worden sind. Von diesen seien folgende genannt:

WEISE's (1880, S. 52) »Faktor zur Höhe», dem H. PRYTZ (1889, S. 76 ff.) — Dänemark — den Namen »Intensitet en» gegeben hat:

$$I = M : H,$$

wo M = Volumen pro Hektar (m^3) und H = Mittelhöhe (m). — Auch das Verhältnis zwischen mittlerer Höhe und mittlerem Durchmesser (1880, S. 111—112; 1889, S. 144), sowie Reibungs-, Abnutzungs- und Beschädigungsbetrag, wodurch die

[1] Tatsächlich sind die hier oben erwähnten Bestandesbonitätscharakteristika umgekehrt auch als Standortsbonitätsweiser gebraucht worden (vgl. z. B. FAUSTMANN 1855, sowie v. BAUR's Darstellung 1881, S. 9—16 und 27—31).

Baumkronen einander bei Sturm beeinträchtigen (1887; 1889, S. 141—142), hat WEISE hier zur Anwendung empfohlen.

L. OPPERMANN's (von A. OPPERMANN veröffentlicht 1887, S. 14, 32—33; siehe ders. z. B. 1908, S. 337 Fussnote) »Dichtezahl»

$$T = \sqrt[6]{M^2 s : A^3},$$

wo zum Vorigen s = Stammzahl pro Hektar und A = 10,000 (m²) hinzukommt.

Ebenso SIVÉN's (1905 etc.) Dichtezahl

$$T = \left(\frac{G}{2\sqrt{W}}\right)^2,$$

wo W = Volumen und G = die entsprechende Grundfläche in $\frac{1}{20}$ der Stammhöhe ist. Normaliter sollte dieser Ausdruck = 1 sein.

Die mittlere Entfernung der Stämme voneinander: KÖNIG's (1835, S. 387 ff.) und PRESSLER's (1857, S. 81 ff.) Seite der quadratischen Standfläche, sowie LINDHOLM's (1911; vgl THALER 1897, 1902) kleinere Diagonale der regelmässigen sechseckigen Standfläche[1], — die durch den Mittelumfang des Stammes (KÖNIG) oder den mittleren Durchmesser (PRESSLER) geteilt das sog. Abstandszahl- (Wachsraumzahl-) Geschlossenheitscharakteristikum ergeben. — In die gleiche Richtung zielen auch die sog. »Kronenkoeffizienten», von denen PRESSLER's (z. B. 1865, S. 105 ff.) Verhältnis zwischen Kronen- und Stammhöhen (auch WEISE 1885, und 1889, S. 143), MARTIN's (1905, S. 61; 1911, S. 124) Relation zwischen Kronen- und Stammdurchmesser und KÖHLER's (1919, S. 21 ff.) Relation zwischen Kronenbreite und Stammhöhe — durchschnittlich genommen — erwähnt seien.

Die Formklasse (z. B. SCHIFFEL 1904; siehe auch hier S. 152 Fussnote).

Die Lichtmenge, die den Erdboden erreicht (vgl. die umfangreiche Literatur hierüber z. B. nach KNUCHEL (1914); kürzlich hat VATER (1923, S. 170) die Messung dieses Charakteristikums für diesen Zweck empfohlen). Die Beschaffenheit der Pflanzendecke (vgl. die Waldtypen; auch dieses Charakteristikum hat VATER hier vorgeschlagen (S. 171 ff.); vgl. auch CIESLAR (1904)).

Noch andere werden in der folgenden Fussnote und noch weiter unten erwähnt. —

[1] Auch z. B. die bei der Taxierung von Värmland in Schweden berücksichtigten Dichtigkeitscharakteristika sind zu dieser Klasse zu zählen (Kommissionen — — 1914, S. 40—41, 164—169). LINKO (1914, S. 14) hat die Entfernung zwischen den Kronen als Dichtigkeitscharakteristikum verwendet. — Die Verfahren sind gewissermassen Varianten der Methoden, die mit dem Stammzahlencharakteristikum arbeiten.

Die erwähnten Weiser sind, wie bekannt, nach Waldstandortsbonität, Hölzart, Alter usw. zu untersuchen. Von einigen wird jedoch behauptet, dass sie unter gewissen Bedingungen recht konstant oder von bestimmten Faktoren unabhängig bleiben.[1] —

Obgleich die Menge der zum fraglichen Zweck verwendeten, eben erwähnten Bestandescharakteristika so imponierend gross ist, kann man doch nicht behaupten, dass auch nur eines davon als solches, wie sie verwendet worden sind, völlig befriedigend wäre. Eine nähere Untersuchung der inneren Struktur des Bestandes fordert offenbar die Heranziehung mehrerer Charakteristika nebeneinander, und zwar sind diese so zu wählen, dass sie, einander ergänzend, die Bestandesbeschreibung hinreichend vielseitig und erschöpfend gestalten.

[1] Z. B. behauptet H. PRYTZ, dass die Intensität, und SIVÉN, dass seine Dichtezahl von der Standortsbonität, dem Alter, der Höhe und dem Durchmesser unabhängig wäre und dass sie im wesentlichen nur nach Holzart (PRYTZ) und Geschlossenheit variierten. Besonders was die Waldstandortsbonität betrifft, ist ausserdem geltend gemacht worden, dass z. B. die folgenden Charakteristika von derselben unabhängig seien (hinsichtlich bestimmter Holzart nebst anderen besonders erwähnten Faktoren): als Funktion der *mittleren Höhe:* a) das Bestandesvolumen (gemäss der Intensitätsdefinition; EICHHORN 1904, GEHRHARDT z. B. 1909), b) die Bestandesgrundfläche (GEHRHARDT z. B. 1909) und c) die Bestandesstammzahl (KÖHLER 1919) — bzw. die »Höhenmassen», die »Höhengrundflächen» und die »Höhenstammzahlen» —, sowie d) die mittlere Formhöhe (WEISE 1896 b, EIDE 1923 a), e) die mittlere Formzahl (GEHRHARDT z. B. 1909) und f) die grösste mittlere Breite der Krone (diese Breite geteilt durch die mittlere Höhe wäre ausserdem beinahe konstant, KÖHLER 1919); als Funktion des *mittleren Durchmessers:* a) die Bestandesstammzahl (WIMMENAUER 1893, 1900, KOJEŠNIK 1898, GEHRHARDT z. B. 1909) und b) die Bestandesgrundfläche (WIMMENAUER 1893, 1900, GEHRHARDT z. B. 1909) — bzw. die »Durchmesserstammzahlen» und die »Durchmessergrundflächen»; als Funktion des *Grundzylinders* (*GH*): das Bestandesvolumen (GEHRHARDT 1909); — — aus welchem allen GEHRHARDT ähnliche Schlussfolgerungen noch hinsichtlich manches anderen Funktionszusammenhangs gezogen hat (1909). — Vgl. ebenso die in gewissen Beziehungen schematisierten Wachstumsgesetze, die z. B. MICHALEK (1891), SIVÍN (z. B. 1907), BERKHOUT (1920), NORDQUIST (1924) für den Bestand haben schaffen wollen.

Von den zahlreichen Gelehrten, die im allgemeinen dieser Anschauung nicht beigestimmt haben, seien nur FLURY (1907), DIETERICH (1922 b), KRUTZSCH (1923) erwähnt. — Verf. hat sich den letzteren angeschlossen. Die vorliegende Untersuchung dürfte übrigens zeigen, dass die Gesetzmässigkeiten der inneren Entwicklung des Bestandes in vieler Beziehung je nach dem Standort unter sich so verschieden sind, dass man den obigen Behauptungen a priori keine grössere biologische Berechtigung zusprechen kann. — In anderem Zusammenhang hofft Verf. diese Frage noch eingehender behandeln zu können.

Ehe das in dieser Arbeit zur Anwendung gekommene Untersuchungsverfahren näher behandelt wird, scheint es geboten, zunächst dem bei der Methode verwendeten Mittelfehlerbegriff Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Wie erwähnt, einigte sich der V. d. f. V. A. nach v. Baur's Vorschlag 1888 darüber, dass die zur selben Reihe gehörigen Bestände höchstens um $\pm$ 15 % von dem fraglichen Normalwert abweichen dürften, wobei auf die Grundfläche Bezug genommen wurde.

Ein solcher Grenzwert fusst jedoch nicht auf der Wahrscheinlichkeitstheorie, und er dürfte auch sonst nicht näher begründet worden sein.

Als theoretisches Kriterium der Zugehörigkeit eines Einzelfalls zur Reihengesamtheit dient jetzt im allgemeinen, wie bekannt, die aus der Wahrscheinlichkeitslehre abgeleitete Regel, dass, wenn die Variante um weniger als den dreifachen Betrag ihres $\pm$ mittleren Fehlers vom kritisch bestimmten Reihennormalwerte abweicht, sie als zum natürlichen Variationsgebiet der fraglichen Reihe gehörig betrachtet werden kann, wenn sie nämlich gleichzeitig auch die anderen eventuell in Frage kommenden Homogenitätsforderungen erfüllt, sonst nicht

Der Vermutung, dass speziell Waldbestandesreihen mit einer derartigen allgemeinen, auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung gegründeten theoretischen Homogenitätsdefinition im Einklang ständen, verleihen wenigstens die bisherigen Untersuchungen keine besondere Stütze (siehe z. B. unten). Ebenso geht aus dem vorliegenden Material hervor, dass die durch die Waldtypen charakterisierten Normalwerte in manchen Fällen so weit auseinander liegen, dass die den Typen entsprechenden Variationsweiten — unter der Annahme, dass sie sich in diesen Fällen aneinander anschliessen, — auch in normalen Fällen nicht durchgängig das erwähnte Kriterium befriedigen können.

Das zuletzt Angeführte hängt u. a. damit zusammen, dass die Weite einer jeden durch die Waldtypen charakterisierten Standortsbonität biologisch und nicht mathematisch bestimmt worden ist. Die Weite einer solchen Standortsbonität kann grösser sein als die einer anderen. Für die mathematisch strengste Homogenität wäre es ratsam, diese Standortsbonitäten etwa noch in Unterabteilungen zu zerlegen, und in der Tat können von den meisten Waldtypen verschiedene Untertypen unterschieden werden, die aber bis jetzt noch nicht genau genug untersucht worden sind. Übergänge von Waldtyp zu Waldtyp sind ja auch vorhanden, und es können leicht ausser der typischen Reihe Randtypenreihen aufgestellt werden. Durch ein solches Vorgehen

wäre es wohl möglich, Reihen zu bilden, die die Bedingungen der mathematisch geforderten Homogenität besser erfüllen.

Das würde aber hauptsächlich nur ein theoretisches Interesse darbieten, denn praktisch kann man nicht mit beliebig vielen Standortsbonitäten operieren, und für wissenschaftliche Untersuchungen wäre es unmöglich, ein hinreichend grosses, so weit zergliedertes Material aufzubringen. Deshalb war der Verf. genötigt, sich auf die Hauptwaldtypen zu beschränken, dabei jedoch für einen jeden Typ möglichst »typisches» Material zu sammeln. Dass dadurch die mathematisch verlangte Homogenität nicht immer erreicht wurde, dürfte, wie aus der Darstellung weiter unten erhellt, nicht von grösserem Nachteil gewesen sein.[1]

Wozu der Versuch eines strengeren Vorgehens nach dem Prinzip der mathematisch definierten Homogenität führt, soll an ein paar Beispielen gezeigt werden.

Y. ILVESSALO verwendete bei der Ausarbeitung der Zuwachs- und Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenwälder der Südhälfte Finnlands als Kontrollmittel nach CAJANUS (siehe unten) die Stammzahl sowie von den Brusthöhendurchmessercharakteristika den Mittelwert, die Dispersion und den Variationskoeffizienten. Sein Kontrollverfahren war von folgender Art (das Material umfasste aus den verschiedenen Waldtypen ausgewählte reine, gleichaltrige Naturbestände; 1920 b, S. 70 ff.):

Wenn vom Bestandesindividuum entweder:

1) die Werte aller erwähnten Charakteristika von dem Ausgleichungsergebnis um $> \pm 3\,\varepsilon\,(a)$ bzw. um $> \pm 20\,\%$ von der ausgeglichenen Stammzahl abwichen, —

2) der mittlere Durchmesser um $> \pm 6\,\varepsilon\,(a)$ und die Stammzahl um $> \pm 30\,\%$ abwich, oder

3) die Abweichung hinsichtlich zweier Charakteristika, mit anderer Kombination als beim vorhergehenden Punkt, $> \pm 6\,\varepsilon\,(a)$ bzw. $> \pm 30\,\%$ und hinsichtlich des dritten $> \pm 3\,\varepsilon\,(a)$ bzw. $> \pm 20\,\%$ betrug,

so sollte der Bestand als nicht zu der respektiven Reihe gehörig daraus entfernt werden. Eine Abweichung eines einzelnen Charakteristikumwertes berücksichtigt dieses Schema nicht.

[1] Die Anwendung der theoretischen Homogenitätsdefinition auf das fragliche Material setzt übrigens voraus, dass man die zu einem jeden Bestand gehörigen Bäume als aus einem gut gemischten Ganzen stammend betrachten kann, wozu alle auf demselben Standorte wachsenden normalen (z. B. Kiefern-) Naturbestände gleichen Alters gehören würden. A priori findet sich jedoch kein Grund, der zu einer derartigen Annahme zwingt. — Vgl. hierüber die folgenden Kapitel.

Ilvessalo's Kontrollprogramm war also recht weit gefasst, und doch mussten vom Material noch nahezu 20 % gestrichen werden.

Cajanus bemerkte bei Untersuchung des bekannten Bestandes-Versuchsflächenmaterials der schweizerischen forstlichen Versuchsanstalt (Flury 1907) auf seine Homogenität (1914) in diesem Material so bedeutende Ungleichmässigkeiten, dass er einen Teil davon völlig streichen und das Übrige in verschiedenwertige Dichtigkeitsklassen klassifizieren musste. Hierbei verfuhr er folgendermassen:

Um gleich zu Anfang die Bestandesindividuen auszuscheiden, die besonders gegen die Homogenitätsforderungen hinsichtlich der Waldstandortsbonität verstiessen (das Material war schon von vornherein nach Standortsbonitäten klassifiziert, war gleichmässig mit der B-Durchforstung gepflegt, umfasste nur annähernd gleichaltrige Fichtenbestände und lag auf einem sowohl horizontal als vertikal relativ beschränkten Gebiete (S. 32—34)), verwarf Cajanus ein Drittel (33,3 %) vom Material auf Grund der Oberhöhenuntersuchung (S. 32—38). Da das Material weiterhin hinsichtlich der Eigenvariation der Bestände ungleichmässig war, teilte es Cajanus auf Grund des Stammzahlenreichtums in mehrere Klassen, wobei er von 5 Bonitäten 12 Bonitätsdichtigkeitsklassen erhielt. Bei weiterer Beurteilung der Klassen auf Grund der Brusthöhendurchmesserverteilungscharakteristika kam Cajanus zu dem Schluss, dass von den erhaltenen zwölf Klassen nur aus sieben mit einigen weiteren Abstrichen befriedigende Reihen zu erhalten waren. Hierdurch schmolz das Beobachtungsmaterial abermals um ca. ein Drittel (29,1 %) seines ursprünglichen Betrages zusammen, ohne dass auch diese Massnahme zu voller Reziprozität zwischen den gutgeheissenen Beobachtungswerten und dem oben erwähnten Homogenitätskriterium $\pm 3\,\varepsilon\,(a)$ geführt hätte (S. 124—129, sowie die graphischen Darstellungen S. 46—49 und 78—84). — Trotz so durchgreifender Massnahmen (es verblieben nur also 37,6 % vom ursprünglichen Material) wurde keine schliessliche theoretische Homogenität gemäss dem dabei angewandten Prinzip erreicht, und doch war das Material Gegenstand anerkannt sorgfältiger und einheitlicher Pflege gewesen. —

Die Beispiele zeigen, dass es in der Praxis sehr schwer ist, so grosse Ansprüche an die Homogenität zu stellen, wie die Wahrscheinlichkeitstheorie eigentlich fordert. Das Verfahren führt entweder zu bedeutender Materialausscheidung und -zersplitterung (Cajanus) oder auch zu weniger strenger Anwendung des Kriteriums (Ilvessalo). — Das Wald-

bestandesmaterial scheint in allzu vieler Hinsicht variabel zu sein, als dass man ihm die Regel der mathematischen Homogenität streng aufzwingen könnte.

Es ergibt sich somit die Frage, wie mit dem hier vorliegenden Untersuchungsmaterial zu verfahren ist. — Zur Beantwortung sei Folgendes erwähnt.

Bei der gegenseitigen Abwägung der verschiedenen Charakteristika, nach denen die Homogenität des Materials beurteilt werden soll, muss man der Variantenfrequenz der Reihe, hier Stammzahl, die erste Stelle einräumen. Von den Gesamtcharakteristika kommen die Grundfläche und das Volumen erst in zweiter Linie zur Untersuchung. Diesen Standpunkt hat seinerzeit schon FAUSTMANN (1855) vorgetragen, und später hat ihn besonders CAJANUS (1914) mit grossem Nachdruck betont.

Weiterhin, bei der Wahl eines Charakteristikums zur Beurteilung der Stammverteilung, ist schon früher in verschiedentlichem Zusammenhang deutlich geworden, dass dieses Charakteristikum so zu wählen wäre, dass die innere biologische Struktur des Bestandes dadurch einen möglichst adäquaten Ausdruck findet. Zu einem derartigen Medium passt nach dem Obigen am besten die Höhe.

Von den verschiedenen Spezialcharakteristika der Höhenvariation, die hier vor allem in Frage kommen, sei zunächst die Ober- und Gesamtmittelhöhe genannt. Die erstere ist, wie z. B. DANCKELMANN (1878, S. 158), SCHWAPPACH (1893, S. 29) und CAJANUS (1914, S. 8 ff.) betont haben, ein passendes Merkmal bei der oben besprochenen Waldstandorts-Homogenitätsuntersuchung, während das letztere oft ein trefflicher Exponent für die variierenden Einflüsse der verschiedenen Behandlungsarten, somit entsprechend auch ein charakteristisches Mittel für die Bestandesnormalitätsuntersuchung ist.

Als andere bedeutungsvollere Höhencharakteristika wären die Faktoren zu nennen, die die Verteilung der Stämme zwischen den verschiedenen Etagen veranschaulichen, d. h. z. B. die relativen Frequenzzahlen der vier erwähnten (oder wenigstens der zwei Haupt-) Etagen sowie die Dispersion der Höhenverteilung (und der Variationskoeffizient), der Asymmetrie- und der Exzesskoeffizient. — Da sich nach der Natur der Sache im allgemeinen nicht die absoluten Höhen aller Bäume schätzen lassen, können für die zuletzt erwähnten Charakteristika keine völlig genauen Werte erhalten werden. Das in

dieser Untersuchung eingeschlagene Verfahren dürfte jedoch zufriedenstellend sein.

Bei immer weiter durchgeführter Materialprüfung würden — wenn die Sache weiterhin vom biologischen Standpunkt beurteilt wird, — die auf den Kronentypen fussenden Baumklassen in der Reihe der Untersuchungsgegenstände folgen.

Dabei dürfte es sich kaum verlohnen, mühevolle, genauere Kronenmessungen oder -schätzungen erfordernde, tiefergehende statistische Kronenqualitätsberechnungen anzustellen. Dagegen kann der bekannte Zusammenhang zwischen Kronenqualität und Stammstärke vorteilhaft ausgenutzt werden, wodurch derartige Berechnungen auf dem Variationsgebiete des leicht zu messenden Brusthöhenstammdurchmessers vielleicht vorgenommen werden können.

Prüft man in dieser Hinsicht die Beziehungen zwischen Kronenklassen und Brusthöhendurchmesser (z. B. Fig. 41 u. 42), so bemerkt man, dass die Durchmesservariationsweiten der Baumklassen einander in so bedeutendem Masse decken, dass man — auf Grund gewisser Wahrscheinlichkeitsgesetzmässigkeiten — vermuten darf, dass diese (zwölffache) Komplexvariation (12 echte Höhenkronenbaumklassen) sich in der Tat bedeutend vereinfachen wird. Ohne hier schon die wichtige Frage entscheiden zu wollen, als was für eine Erscheinung diese Durchmesservariation bei den schliesslichen Stammverteilungsuntersuchungen zu behandeln ist, dürfte man den Bestand für den Zweck der vorliegenden Untersuchung zu einer einzigen Durchmesservariationsreihe kombinieren können und die erforderlichen Berechnungen demgemäss vornehmen.[1]

Die Durchmesseruntersuchung wird hauptsächlich auf dieselbe Weise wie die Höhenuntersuchung durchgeführt. Der Mittelwert und die Dispersion (nebst dem Variationskoeffizienten) sowie auch der Asymmetrie- und Exzesskoeffizient sind die Spezialcharakteristika, auf die die Untersuchung vor allem zu richten ist. —

Sind Stammzahl, sowie Mittelwert und Dispersion des Brusthöhendurchmessers bekannt, so ist mithin auch die Grundfläche bestimmt (vgl. S. 101 Fussn. 1). Die Grundfläche ist demnach kein eigentlich neues

[1] Wenn der Bestand so jung ist, dass ein bedeutender Teil der Stämme kürzer als die Brusthöhe ist, so eignet sich der Brusthöhendurchmesser natürlich nicht als Untersuchungsgegenstand. Um so grössere Wichtigkeit besitzt aber dann die Höhenuntersuchung.

Charakteristikum.[1] — Was wiederum das Volumen betrifft, so ist auch dies schon ungefähr durch die erwähnten Charakteristika festgelegt. Die Brusthöhenformzahl ($F_{1.3}$), die den Zusammenhang zwischen dem Volumen und der schon bekannt gewordenen Höhe und Grundfläche vermittelt, ist nämlich ihrerseits abhängig von der Komplexität der übrigen schon klargestellten Faktoren, — wenn nämlich in der Zusammensetzung des Bestandes keine grösseren plötzlichen Änderungen eingetreten sind.

Die Untersuchung der Grundfläche und des Volumens bringt somit zu den oben behandelten Charakteristika bei der jetzt betrachteten Untersuchungsaufgabe keinerlei eigentliche neue Gesichtspunkte von grösserer Tragweite an den Tag. Immerhin kann die Untersuchung auch betreffs dieser Charakteristika doch von speziellem Interesse sein. —

Was schliesslich diejenigen mehr oder weniger künstlichen Bestandesbonitätsweiser anbelangt, die zu Anfang dieses Kapitels angeführt wurden, so können sie im besten Falle die Sache nach Art von Hilfscharakteristika beleuchten. Eine grundlegendere Bedeutung dürfte ihnen hier nicht zukommen.

In der vorliegenden Untersuchung ist das Material hinsichtlich aller hier besonders erwähnten Charakteristika geprüft worden.

Da die auf das gesammelte Bestandesmaterial bezügliche Homogenitätsuntersuchung in der Tat einen wesentlichen Teil der vorliegenden Bestandesstruktur- und -entwicklungsuntersuchung bildet, scheint es nicht notwendig zu sein, die gewonnenen Resultate von den bei letzterer gefundenen übrigen Ergebnissen zu trennen. Es sei daher auf die weiter unten mitgeteilten Zahlenwerte hingewiesen, aus denen auch die fraglichen Resultate des näheren hervorgehen. Schon jetzt möge jedoch Folgendes hierzu angeführt werden:

1:o In Fällen, wo die Variationsgebiete der gleichnamigen Charakteristika verschiedener Waldtypen einander augenscheinlich nicht primär decken oder schneiden, zeigt das Material (wenigstens in den wichtigsten Fällen) um die Ausgleichungsnormalwerte kon-

[1] SCHIFFEL (1904, S. 26) verwendet die Grundfläche, um den Betrag, und die Stammzahl, um die Form der Geschlossenheit anzugeben. MATTSSON MÅRN (1920, S. 188) schlägt vor, anstelle der Stammzahl den mittleren Durchmesser anzuwenden. — Dies sind also, nach dem Erachten des Verf., bei dieser Bestandescharakterisierung nur schlechtere Varianten von CAJANUS' (1914) primärerer Kombination: Stammzahl, Mittelwert und Dispersion des Durchmessers.

zentrierte, durch deutliche Zwischenräume voneinander isolierte Typenreihen (Stammzahl, Ober- und Mittelhöhe, mittlerer Durchmesser, Grundfläche, mittlere Grundfläche, Volumen, mittleres Volumen des Bestandes, usw.);

2:o in Fällen, wo die Variationsweite der gleichnamigen Charakteristika verschiedener Waldtypen einander decken oder schneiden, zeigt das Material ebenfalls wohlcharakterisierte Typenreihen, indem die betreffs der theoretischen Homogenitätskriterien auftretenden Abweichungen auch hier sachlich unbedeutend sind.

Aus diesen Ergebnissen u. a. dürfte betreffs des hier vorliegenden Waldbestandesmaterials seinerseits folgen, dass

1:o kein Anlass vorgelegen hat, aufgenommene Probebestände aus dem Untersuchungsmaterial zu streichen, und dass

2:o die Einheitlichkeit des Materials als befriedigend und das Material wenigstens auf Grund hiervon als für seinen Untersuchungszweck repräsentativ anzusehen ist.

Die innere Struktur und Entwicklung des gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbestandes. [1]

Die Stammzahl.

Die durchgreifende Bedeutung der Stammzahl als Charakteristikum für die Struktur und Entwicklung des Bestandes ist oben schon wiederholt erwähnt worden. Ebenso wurde hervorgehoben, dass die vorliegende Untersuchung nur normale, maximale, soweit möglich nahezu mit derselben Dichte entstandene und ungestört gewachsene Naturbestände zum Gegenstand hat.

Nunmehr käme eine nähere Darlegung und Beurteilung der Ergebnisse der Materialbehandlung in Frage. Diese Aufgabe zerfällt in gewisse Teilaufgaben, nämlich in die Charakterisierung der Gesamtstammzahl des Bestandes, der Stammzahlen der verschiedenen Etagen und der Stammzahlen der Baumklassen.

Die in den Probebeständen beobachteten Stammzahlen werden in Tabelle V mitgeteilt. Fig. 2—8 veranschaulichen diese in teilweise absoluter, teilweise relativer Darstellungsform.

Die Stammzahlenlisten sowie die graphischen Darstellungen derselben beziehen sich auf lebende Bäume pro Hektar. Auf die

---

[1] Die Gliederung dieses Teils der Untersuchung ergibt sich in natürlicher Weise aus alle dem, was schon oben über die hier zu behandelnden Bestandescharakteristika vorgebracht worden ist.

Was weiter den Umfang der Darstellung betrifft, so musste das bei der Untersuchungsarbeit gewaltig angeschwollene Zahlenmaterial wegen der hohen Druckkosten auf ein Minimum eingeschränkt werden. Von den Beobachtungswerten konnten so nur die allerwichtigsten veröffentlicht werden und von den Ausgleichungswerten nur einzelne ausgewählte Proben. Dagegen wurde nach Möglichkeit versucht, die Darstellung graphisch zu veranschaulichen, wobei übrigens die Beobachtungswerte mit ziemlich grosser Genauigkeit angeführt werden.

bei der Bestandesuntersuchung gezählten abgestorbenen stehenden Bäume hofft Verf. in anderem Zusammenhang eingehen zu können.

Aus diesen Darstellungen ist nun u. a. Folgendes ersichtlich.

Die Gesamtstammzahl des Bestandes (Fig. 2) zeigt den für sie typischen hyperbelartigen Verlauf. Die Stammzahlenabnahme ist zu Anfang ausserordentlich gross, im mittelaltrigen Bestand wird sie schon bedeutend schwächer und im Alternsstadium ganz klein. — Die untersuchten drei Waldtypen halten sich deutlich voneinander getrennt, wobei der Unterschied zwischen MT und VT kleiner ist als zwischen VT und CT. — Die Ausgleichungskurven decken sich gut mit Y. Ilvessalo's entsprechenden Frequenzkurven (1920 b, Fig. Nr. 30); nur die Zahlenwerte der Kurven des C-Typs aus späteren Altersjahren weichen stärker ab. —

Nach reichlicher Naturbesamung kann eine Hektarfläche bekanntlich nach dem Keimen Hunderttausende, ja Millionen von Pflanzenansätzen zeigen (vgl. z. B. Petračić 1908, S. 8). Die Variationen dieses Betrages sind übrigens auch unter sehr ähnlichen Verhältnissen gross. Ebenso ist auch die Grösse der Stammzahlenabnahme, je nach den Umständen, während einiger Jahre zu Anfang recht variierend, — dass aber auch sie, wie gesagt, bekanntlich gewaltig ist, beweisen z. B. die im Alter von 10 Jahren schon verhältnismässig recht kleinen Frequenzen von bloss rund 20—30,000 Jungbäumen. Dass von diesem grossen Individuenabgang ein grosser Teil schon dem ersten Sommer zufällt — wenigstens dann, wenn die Beschattung vorhandener Samenbäume die Widerstandsfähigkeit schwächerer Pflanzen herabsetzt und wenn die Witterungsverhältnisse ungünstig sind, — lehrt z. B. die Beobachtung Blomqvist's (1881, S. 32). Nach ihm stirbt der grösste Teil der Pflanzen unter einem lichten Bestand schon einige Wochen nach dem Keimen ab.

Wie sich dann Stammzahl und Abgang nach dieser ersten, grössere Variationen bietenden Wachstumsperiode entwickeln, zeigt der folgende kleine Auszug aus den in Fig. 2 dargestellten ausgleichenden Stammzahlenkurven: (Tabelle VI).

Im Alter von 150 J. weist der Bestand also nur den Bruchteil eines Prozentes des Stammzahlenbetrages auf, den er einst bei seiner Entstehung enthielt, und ebenso ist der Abgang nur noch ein Rest von dem, was er im Jugendalter war.

Der Kampf ums Dasein ist hart während der ganzen Wachstumsperiode des Bestandes, am heftigsten — wenigstens nach dem Abgang

Tabelle V. Stammzahlen der Probe-

Waldtyp	Bestandesalter	Stammzahl des Bestandes	Stammzahlen der Etagen				Stamm 1			
			1	2	3	4	a	b	c	B
MT	14	11 056	2 848	3 232	1 920	3 056	928	1 136	784	—
»	19	9 575	1 925	2 200	2 100	3 350	1 000	700	225	—
»	30	3 515	724	750	825	1 216	408	167	133	16
»	47	1 932	592	552	472	316	280	228	84	—
»	69	1 087	479	265	213	130	313	131	35	—
»	78	1 020	352	236	252	180	208	100	36	8
»	96	662	338	132	96	96	208	90	30	10
»	103	608	308	144	104	52	116	144	48	—
»	136	565	226	139	122	78	126	65	31	4
»	146	420	179	105	77	59	112	53	14	—
VT	14	14 350	3 550	3 450	2 850	4 500	750	1 400	1 200	200
»	27	7 380	1 512	2 136	1 788	1 944	528	744	228	12
»	50	2 525	790	610	485	640	430	270	60	30
»	70	1 504	560	372	364	208	324	192	32	12
»	76	1 450	520	440	345	145	310	160	50	—
»	90	868	334	232	160	142	196	100	30	8
»	102	878	413	240	135	90	210	143	60	—
»	115	630	288	148	135	59	162	112	14	—
»	130	796	332	192	168	104	172	120	24	16
»	156	608	284	112	144	68	156	100	20	8
CT	14	25 776	5 496	6 168	5 808	8 304	1 608	1 992	1 848	48
»	35	11 688	1 656	2 496	2 976	4 560	744	768	144	—
»	45	5 820	1 000	1 900	1 860	1 060	500	350	120	30
»	50	4 470	918	906	1 002	1 644	558	294	60	6
»	64	4 040	1 010	780	1 020	1 230	570	350	60	30
»	87	1 832	588	432	484	328	344	148	48	48
»	96	1 956	676	468	460	352	360	240	28	48
»	102	1 180	318	334	292	236	178	92	46	2
»	130	1 325	410	300	320	295	190	150	70	—
»	159	873	339	231	192	111	177	99	60	3

bestände pro Hektar.

z a h l e n d e r B a u m k l a s s e n											
2				3				4			
a	b	c	B	a	b	c	B	a	b	c	B
192	864	2 176	—	80	576	1 264	—	128	704	2 224	—
275	1 050	875	—	—	850	1 250	—	—	350	3 000	—
200	375	167	8	142	275	408	—	58	175	975	8
72	248	228	4	24	112	336	—	—	84	232	—
78	122	65	—	48	96	69	—	30	44	52	4
60	120	56	—	28	112	112	—	8	40	132	—
16	74	36	6	14	38	44	—	16	20	58	2
16	80	48	—	16	48	40	—	8	16	28	—
30	78	31	—	17	61	39	5	13	22	43	—
28	66	11	—	7	39	31	—	3	14	42	—
100	2 050	1 300	—	150	1 100	1 600	—	50	200	4 250	—
108	672	1 356	—	96	420	1 260	12	84	300	1 560	—
105	280	220	5	45	190	250	—	15	85	540	—
120	156	96	—	96	132	136	—	44	48	116	—
85	220	135	—	55	90	200	—	25	45	75	—
38	132	56	6	18	66	74	2	24	22	96	—
45	98	97	—	8	37	90	—	—	23	67	—
54	72	22	—	22	54	59	—	14	9	36	—
52	104	32	4	20	64	80	4	20	32	52	—
32	52	28	—	36	44	64	—	16	8	44	—
696	2 496	2 952	24	696	1 968	3 144	—	264	1 296	6 744	—
456	1 176	864	—	216	864	1 896	—	120	2 352	2 088	—
270	1 020	600	10	—	660	1 150	50	—	170	890	—
114	390	402	—	84	336	582	—	96	468	1 068	12
270	300	210	—	120	420	480	—	50	310	870	—
144	200	56	32	172	156	140	16	96	88	124	20
176	200	76	16	140	152	132	36	72	100	168	12
70	182	82	—	24	132	136	—	16	78	142	—
55	165	80	—	20	135	165	—	15	40	240	—
51	111	69	—	15	66	111	—	6	6	99	—

Tabelle VI. Gesamtstammzahl (ΣN) und Gesamtabgang während eines Jahres (ΣC) pro Hektar.

Waldtyp	Bestandesalter											
	10			50			100			150		
	ΣN	ΣC pro J.		ΣN	ΣC pro J.		ΣN	ΣC pro J.		ΣN	ΣC pro J.	
	St.		%	St.		%	St.		%	St.		%
MT	16500	1400	8,5	1910	60	3,1	630	7	1.1	480	1	0,2
VT	20500	1500	7,3	2580	90	3,5	840	11	1,3	635	2	0,3
CT	33000	1600	4,8	5350	180	3,4	1510	24	1,6	970	4	0,4

der Baumindividuen zu urteilen — jedoch in den Anfangsjahren (die Behandlung betrifft hier durchgängig nur »völlig geschlossene» Bestände, bzw. Pflanzenbestände), da die Baumentwicklung dann relativ am lebhaftesten ist. Wie sich der Zuwachs relativ vermindert, nimmt auch die Intensität des Kampfes ab und somit nicht nur die absolute, sondern auch die relative Zahl der in demselben zugrundegehenden Individuen.

Dass die Abnahme der Stammzahl bestimmten Gesetzen unterliegt, zeigt auch das hier untersuchte Material. Diese Gesetzmässigkeit bedeutet u. a. ihrerseits, dass auch das Wachstum und die Entwicklung der Bäume und der dadurch veranlasste Kampf im Bestandesinnern — die Ursachen der Stammzahlenverminderung — ebenfalls von recht regelmässiger Beschaffenheit sein müssen, woraus in letzter Hand folgt, dass auch in der Zusammensetzung und Entwicklung der inneren Struktur des Bestandes in gleicher Weise auftretende Gesetzmässigkeiten wahrzunehmen sein müssen. Dies bezeugen tatsächlich in bestimmtester Weise die Entwicklungsgänge aller hier untersuchten Bestandescharakteristika.

Die Verhältnisse zwischen den Stammzahlen der verschiedenen Etagen sind recht beachtlich. Zunächst hat es den Anschein, als ob die Pflanzen nicht ganz gleichwertig entständen, sondern als ob unter ihnen schon im Alter von einem Sommer eine Art »Schichtenunterschied» zu bemerken wäre.[1]

[1] In dem Übersichtsbild Fig. 8 (vgl. auch Fig. 5), das die biologische Stammverteilungsentwicklung in relativen Zahlen zeigt, ist zur Veranschaulichung einer gedachten Zweiteilung der Pflanzengesamtheit in obenerwähnter Hinsicht ganz sche-

Es ist natürlich, dass die Auslichtung des Bestandes zu Anfang vor allem auf Kosten der von Haus aus schwächeren Individuen geschieht, während die stärkeren den ersten Zusammenstoss besser ertragen. Es dürfte jedoch keine lange Zeit verstreichen, und die allermeisten Pflanzen fallen der Differenzierung anheim — wegen Entwicklungsfähigkeit und -bedürfnis der Individuen.

Auch die Zahl der herrschenden Individuen nimmt ab, wie die der mitherrschenden. Die Abnahme geschieht unter den kräftigeren teilweise durch direktes Absterben, vor allem aber dadurch, dass ein grosser Teil von ihnen seine »Herrscher»-Stellung verliert, indem er zunächst zu den mitherrschenden und weiterhin zu den beherrschten und unterdrückten Individuen übergeht — und dann dem Tode anheimfällt, wenn dies nicht schon in den vorhergehenden Phasen geschehen ist. Ähnlich ist die Entwicklung des Verhältnisses bei den als Vasallenindividuen geborenen (vgl. die vorhergehende Fussnote), nur mit dem Unterschied, dass der Individuenverlust unter diesen von Anfang an relativ grösser ist als bei den Herrscherindividuen, und andrerseits, dass den Verlust unter diesen teilweise der Zufluss aus der Oberetage ausgleicht, sowie dass unter besonders günstigen Bedingungen sie selbst in die erste Etage übertreten können.

Die bei der Entstehung als nicht vorhanden gedachten unteren Etagen erhalten ihr Material aus den oberen Etagen — zunächst die dritte Etage, bald aber auch die vierte, wobei sie jedoch gleichzeitig selbst zahlreiche Glieder durch Eingehen verlieren.

Verfolgt man die relativen Frequenzzahlen zwischen den Etagen eingehender auf Grund von Fig. 5, so bemerkt man u. a., wie bald die prozentualen Frequenzen der zweiten und dritten Schicht sich stabilisieren, d. h. in ca. 25 J., indem sie von da ab das ganze untersuchte Bestandesalter hindurch eindeutig konstant verbleiben. Dies wird durch die wagrechte Richtung in der erwähnten graphischen Darstellung veranschaulicht.

Der Kampf sowohl zwischen den Individuen innerhalb einer Etage

---

matisch angenommen, dass bei der Entstehung $^2/_3$ von der Pflanzenmenge »Oberpflanzen» und $^1/_3$ »Vasallenpflanzen» ausmachen. Eine bestimmendere Bedeutung kommt natürlich diesen Quotienten nicht zu.

Übrigens dürfte eine solche gedachte »Schichtung» allein auf Grund der normalen Individuenvariation erklärt werden können, die allen Populationen eigentümlich ist. Eigentliche Rassenvererbungsverschiedenheiten brauchen hier deshalb noch nicht vermutet zu werden.

als zwischen den Etagen selbst ist hart, gleichzeitig aber augenscheinlich äusserst g e s e t z m ä s s i g. Die zweite und dritte Etage bilden in diesem Kampfe eine Art hinsichtlich ihres relativen Gewichts konstanter Zwischenstufen. Das Hauptgewicht des Kampfes ruht so gewissermassen auf den Frequenzverhältnissen zwischen den extremen Etagen — der Ober- und der Grundetage. Die interessanteste Untersuchung der Strukturanalyse berührt so in der Tat einerseits die Frage, eine wie grosse Individuenzahl in jeder Altersstufe sich in der Führerstellung behauptet, und andrerseits, welches die untere Grenze ist, die die Ausscheidung des endgültig unterdrückten Individuums aus dem Bestande und somit auch den Betrag derjenigen Grundbäume bestimmt, die noch kümmerlich am Leben bleiben.

Wie aus der Abbildung hervorgeht (Fig. 5; vgl. auch Fig. 8), sinkt der relative Betrag der Oberbäume schroff während des lebhaften Jugendzuwachses, wo die Konkurrenz besonders scharf ist, — wogegen die Grundbäume stark zunehmen. Annähernd zu derselben Zeit, wo die Zwischenetagen ihr relatives Konstantgewicht erreichen, indem sie so zeigen, wie der Kampf in bezug auf sie eine gewisse Stabilität erreicht hat, nähert sich auch die Verminderungsperiode der Oberbäume ihrem Ende, von wo dieselben allmählich wieder proportional ansteigen, welche Erscheinung im ganzen Schlussalter des Bestandes anhält. In späteren Phasen scheint die relative Stammzahlenzunahme der Oberschicht jedoch recht langsam vor sich zu gehen, was aus einer ebenfalls beträchtlichen Schwächung des Wachstums und somit auch einer entsprechenden Abnahme des Abganges folgt. — Die Stammzahlenverhältnisse der unterdrückten Bäume entwickeln sich somit umgekehrt.

Die Abnahme der prozentualen Zahl der Oberbäume, das Minimum derselben und dann wiederum der Anstieg stehen in ausgezeichneter Harmonie mit dem Anstieg, dem Maximum und der Abnahme der Kronenbodenprojektion des Bestandes (Fig. 25). Zwischen diesen herrscht somit eine beträchtliche negative Korrelation, die auch ganz natürlich ist. Je enger der Kronenraum im Bestande durchschnittlich wird, um so lebhafter wird der Kampf im Bestande im allgemeinen und eine um so geringere Menge von Individuen hat die Möglichkeit, in der Herrscherstellung zu bleiben. Die Konkurrenz ist somit tatsächlich hinsichtlich der Bestandesgesamtheit am lebhaftesten, wenn die Kronenbodenprojektion am grössten ist. L o k a l ist die Konkurrenz freilich von Anfang an meistenteils scharf, aber sie richtet sich noch nicht mit voller Intensität auf a l l e Individuen, ehe die Kronenentwicklung so gross geworden

ist, dass die Bodenfläche nahezu in ihrer Gesamtheit vom Kronendach bedeckt ist. (Vgl. S. 199.)

Diese relativen Frequenzkurven veranschaulichen den Verlauf des Kampfes im Bestandesinnern und dessen Folgen besonders deutlich. Man sieht, wie schwer — allzu schwer — der Kampf auch für diejenigen Bäume ist, die später den Abtriebsbestand des Gehölzes bilden, und wie wichtig es ist, diesen Kampf frühzeitig durch Durchforstungen zu mildern und zu regeln.

Bei einem Vergleich ungleichwertiger Standorte miteinander gewinnt man den Eindruck, dass die Konkurrenz für einen Bestand als Gesamtheit betrachtet um so drückender wird, je geringer der Boden ist. Demgemäss wird die natürliche Auslichtung des Bestandes immer schwieriger, die Wachstumshemmung verlängert sich (vgl. S. 199), und eine relativ um so geringere Zahl Baumindividuen kann sich aus dieser und über diese grosse Masse emporreissen, d. h. die Stellung eines Oberbaumes im Bestande bewahren oder erringen. In der schwierigsten Altersperiode scheint so der Kiefernbestand vom C-Typ nur reichlich ein Zehntel Oberbäume zu besitzen, während die Grundbäume gleichzeitig in grosser Zahl und hartnäckig am Leben bleiben. Hieraus, aus dem schlechteren Ausscheidungsvermögen nährstoffärmeren Bodens resultiert somit teilweise die relativ geringe Oberbaumfrequenz des Kiefernbestandes vom C-Typ.

Andrerseits beruht der relativ grosse Betrag dieses Typs an unterdrückten und auch beherrschten Bäumen auch darauf, dass geringer Boden relativ kleine Kronen entwickelt. Obgleich deshalb die Kronenbodenprojektion nicht abzunehmen braucht — die Stammzahl bleibt infolge davon nur um so reichlicher — bleiben nämlich die Kronenhöhen doch geringer, so dass das Licht tiefer in das Kronendach eindringt und so einer reich frequentierten Unterschicht das Leben ermöglicht. — Siehe hierüber näher das Kapitel über die Krone im folgenden.

Die erste Zwischenetage scheint sich an allen untersuchten Standorten in gleicher Weise zu gestalten, und übrigens ist auch die Übereinstimmung der Kurvenrichtung überall recht gross, woraus hervorgeht, dass der Verlauf des Kampfes hier wahrscheinlich richtig dargestellt worden ist. Der M- und der V-Typ sind auch ihrer Gradhöhe nach durchgängig recht gleichwertig. Folgende ausgeglichene Zahlenangaben über diesen Entwicklungsgang sind am bezeichnendsten: (Tabelle VII). —

Die absoluten Stammzahlen der Etagen folgen im wesentlichen denselben Entwicklungsgesetzen wie die Gesamtstammzahl des

Tabelle VII. Prozentuale Anteile der Etagen an der Gesamtstammzahl des Bestandes zum relativ schwächsten und stärksten Zeitpunkte der Oberetage. [1]

Waldtyp	Etagen					
	1		2	3	4	
	Bestandesalter					
	um 25	150	um 25-150	um 25-150	um 25	150
	Prozente					
MT	20	46	25	21	34	8
VT	19	44			35	10
CT	12	34		25	38	16

Bestandes (Fig. 3). Diese Stammzahlenangaben sind hier jedoch nicht so interessant wie die relativen, weshalb sie — da die relative Stammverteilung hier schon hinsichtlich ihrer Hauptgesichtspunkte dargelegt worden ist, — nur graphisch dargestellt zu werden brauchen. Indessen sei von ihnen Folgendes erwähnt.

Die den Etagen entsprechenden Kurven sind untereinander sehr ähnlich, nur mit der Ausnahme, dass der Ausgang der Kurven der beherrschten und unterdrückten Bäume von der Origo aus angenommen wird, indem sie ihren Gipfelbetrag vielleicht mit ca. 5—10 Jahren erreichen und von da ab erst dann hyperbolisch wieder sinken. Die gegenseitige Anordnung der Kurven ist bei allen untersuchten Typen in allen Etagen dieselbe wie die der Kurven der Gesamtstammzahl. Hinsichtlich des C-Typs sei erwähnt, dass die hohe Gesamtstammzahl des Typs im Vergleich zu anderen Typen bewirkt, dass die absolute Zahl von dessen Oberbäumen grösser verbleibt als die entsprechenden Frequenzen der übrigen Typen, obgleich sein Verhältnisanteil an den Oberbäumen bedeutend niedriger ist als der der anderen in Rede stehenden Typen.

Die Stammzahlenabnahme der Etagen ist natürlich von zweierlei Art, Abgang durch Tod oder durch Übergang von einer Etage in die andere. In der Oberetage kommt vor allem die letztere Form in Frage, während die erstere vor allem die Grundetage charakterisiert. Der Etagenübergang geht im wesentlichen abwärts vor sich, während ein Etagen-

[1] Zwischen 10—150 Jahren. — Die Prozente sind hier auf ganze Zahlen abgerundet.

aufstieg natürlich schwieriger ist. — Auf den Charakter des Übergangs wird, wie gesagt, in anderem Zusammenhang eingegangen werden.

In den relativen Stammzahlen der Baumklassen, nach den Etagen behandelt, konnten zwischen den in Frage kommenden Waldtypen keine solchen prinzipiellen Verschiedenheiten bemerkt werden, deren Art und Umfang zu charakterisieren möglich wäre. Man kann sich ja freilich denken, dass auch hier feinere Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Typen vorhanden sind, aber sie scheinen keine wahrnehmbare Bedeutung zu haben. Das Material hat hier somit eine gemeinsame Standortsbehandlung erfahren. Dies geht aus Fig. 7 hervor.

Wenn auch die Materialausbreitung an dieser Stelle etwas grösser ist als in den oben behandelten Fällen (ein solches Verhalten ist übrigens ganz natürlich), so scheint doch auch hier eine bestimmte Art Gesetzmässigkeit vorgekommen zu sein.

Bei näherer Prüfung des Materials zunächst in den beiden untersten Etagen sieht man nämlich, wie regelmässig sich die Ausgleichungskurven in ihnen gestalten. Die Gesetzmässigkeit liegt in jeder Beziehung zutage, und auch sonst scheinen keinerlei Umstände aus anderem Zusammenhang der hier vorgenommenen Ausgleichung Hindernisse zu setzen.[1]

Von diesen sechs Kurven enthalten nur die zwei Kurven der a-Klasse einen Inflexionspunkt, der bei beherrschten Bäumen naturgemäss der Origo näher liegt als bei unterdrückten Bäumen. Das Vorhandensein eines solchen Punktes ist bei diesen im Hinblick darauf ganz verständlich, dass a-Bäume in den unteren Etagen anfangs nur sporadisch auftreten können, aber bei etwas fortgeschrittenerer Entwicklung einigermassen mehr, bis die Konkurrenz sich schliesslich stabilisiert, die Festigung der Verhältnisanteile der verschiedenen Baumklassen bezeichnend (die Kurven werden zu Wagrechten).

Was zweitens die herrschenden und mitherrschenden Bäume betrifft, so besteht auch bei ihnen nur während der ersten zehn Jahre Unsicherheit. Die Beobachtungspunkte führen nämlich ebensogut zur Ausgleichung ohne Inflexionspunkte, wie zu einer Ausgleichung von der Art der hier vorgenommenen, d. h. zu Kurven mit Wendepunkt. (Bei den

[1] Durch die Richtung der Kurven könnte man wahrscheinlich auch den Entwicklungsgang der ersten zehn Lebensjahre darstellen, aber dies ist nur der Übersichtsfigur 8 überlassen, wie auch hinsichtlich der entsprechenden Etagenkurven verfahren wurde. Vgl. S. 158—159 Fussnote.

mitherrschenden Bäumen ist der Wendepunkt für eine frühere Altersstufe als das 10. Jahr anzunehmen; vgl. Fig. 7 und 8.)

Die erstere Alternative würde bedeuten, dass in der ersten Zusammensetzung während der Existenz des Bestandes (nach der Keimung) kein einziger a-Baum vorhanden wäre, sondern nur als b- und c-Individuen zu betrachtende Pflanzen.

Freilich bezeugt die gewaltige Stammzahlenabnahme während der Anfangsjahre, dass der Kampf dann so gross ist, dass nicht viele solche Individuen in dem Jungbestand übrig bleiben, die mit Recht die Bezeichnung a-Baum gemäss der vollen Bedeutung dieses Namens tragen, andrerseits aber lehrt die Erfahrung auch, dass zunächst die Besamung der Fläche und die Keimung der Samen — von Unebenheit, Steinigkeit des Geländes u. a. zu schweigen — nicht so ganz vollkommen und gleichmässig geschieht, dass nicht doch gewisse Ankömmlinge relativ ungestört weiterwachsen könnten, indem sie so die Bezeichnung a-Baum verdienen.

Mit dieser wahrscheinlich richtigeren Annahme hat Verf. — ohne jedoch dem Material Gewalt anzutun — die Kurven der a-Bäume der beiden ersten Etagen am unteren Ende gebogen, um in einem höheren Punkt als Null auf die Ordinatenachse zu stossen (Fig. 7; wie erwähnt, wurde angenommen, dass die Bäume teils als Ober-, teils als Vasallenbäume entstehen). Demgemäss haben dann die b- und c-Kurven ebenfalls einen Inflexionspunkt erhalten (bei Vasallenbäumen vorschlagsweise nur die c-Kurve).[1] —

Wie aus der graphischen Darstellung weiterhin ersichtlich wird, ist die B-Gruppe nicht sehr reichlich vertreten. In der Oberschicht, in der die Individuen dieser Gruppe — wegen des Vorkommens von »Wölfen» — am zahlreichsten sind, steigt die Stammzahl in ihrem Maximum nur auf 2 %. In der Grundschicht macht der Anteil dieser Gruppe noch nicht ein Prozent aus. (Vgl. hinsichtlich der Definition des B-Baumes S. 90—92.) —

Den biologischen Gleichgewichtszustand im Innern der Etage schei-

[1] Theoretisch könnte man annehmen, dass alle Individuen, die Pflanzen sowohl der ersten wie der zweiten Etage, als a-Bäume entstehen, was hier bedeuten würde, dass die 1 a- und die 2 a-Kurve von 100 % Höhe ausgehen müssten. Die Kurven in Fig. 8 haben jedoch hier einen anderen Grundsatz befolgt, nämlich den, der die L a g e darstellt, in der die Pflanze entstanden ist, und der auch sogleich die weitere Entwicklung der Pflanze bestimmen wird. Demgemäss ist angenommen, dass z. B. die 1 a-Klasse vom 10 %-Ordinatenachsenpunkt ausgeht.

nen alle Etagen zu erreichen, — was jedoch zu einem um so späteren Zeitpunkt geschieht, je tiefer man im Kronendach kommt, wobei die Unterschiede freilich recht gering sind. Bis zu ca. 90 Jahren sind alle Kurven wagrecht geworden. Danach kann man im Bestand also Kräfteverschiebungen nur noch in den Gesamtfrequenzverhältnissen zwischen Ober- und Grundschicht beobachten. —

Bei Prüfung der relativen Stammzahlenanteile der Baumklassen (fortwährend an den Stammzahlen der Etagen) bemerkt man zunächst, dass mit Zunahme des Alters nach der durch die Stabilisierung der Kurven gekennzeichneten Altersperiode zu die a-Bäume in allen Etagen einen Anstieg zeigen, die b-Bäume ebenfalls in der zweiten, dritten und vierten Etage, aber eine Senkung in der ersten, während die c-Bäume eine Senkung in allen Etagen erkennen lassen. Der Anteil der B-Bäume wächst, aber in sehr geringem Masse.

Besonders bemerkenswert ist der grosse Anstieg der a-Bäume in der Oberschicht sowie die Senkung der c-Bäume überall. Diese wie auch die anderen genannten Umstände stehen alle in Übereinstimmung mit der Hyperbelkurve, welche die Abnahme der Gesamtstammzahl des Bestandes anzeigt. Sie zeigen nämlich alle — jedoch mit der Annahme, dass der Bestand »volldicht« entsteht, — dass die Baumindividuen sogleich bei der Entstehung in den Kampf ums Dasein treten, der für die Pflanzen gerade in den Jahren unmittelbar nach der Entstehung am verheerendsten ist und da den grössten Abgang hervorruft. Von Jahr zu Jahr wird der Kampf dann geringer, der Abgangsprozentsatz nimmt ab, der Anteil der a-Bäume wächst, und der der c-Bäume sinkt.

Nach dem Zeitpunkt der Stabilisierung der ausgeglichenen relativen Gewichtszahlen der Baumklassenstammzahlen zeigen die Etagen eine entsprechende Baumklassenverteilung folgender Art (Tabelle VIII):

Tabelle VIII. Prozentuale Anteile der Baumklassen an den Stammzahlen der Etagen nach dem 90. Lebensjahre.

Baumklassen	Etagen			
	1	2	3	4
a	56	25	16	14
b	32	50	39	23
c	10	24	44	62
B	2	1	1	1

Wie zu erwarten, bilden die a-Bäume die am stärksten vertretene Klasse in der ersten Etage (über die Hälfte), die b-Bäume die stärkste Klasse in der zweiten (Hälfte), die c-Bäume in der dritten und vierten (etwa zwei, bzw. drei Fünftel). Die schwächste Baumklasse ist in der ersten Etage umgekehrt die c-Klasse, sowie in der dritten und vierten natürlich die a-Klasse.[1] In der zweiten Etage sind die a- und die c-Klasse ziemlich von gleichem Gewicht. —

Eine Spezialuntereinteilung in der c-Klasse nach dem Schema, das S. 48 vorgeführt ist, lieferte folgende mittlere prozentuale Stammzahlenergebnisse (diese Klassifikation wurde nur mit den Teilen des Probebestandes vorgenommen, von denen eine Kronenkarte angefertigt wurde) (Tabelle IX):

Tabelle IX. Spezialklassifikation der c-Klasse nach Stammzahlen (prozentuale Verteilung) in späterem Alter.

Spezialklassen	c-Klassen der Etagen			
	1 c	2 c	3 c	4 c
	Prozente			
α	64	51	29	18
β	19	20	17	12
γ	13	21	33	28
δ	4	8	21	42

In jüngeren Beständen ist der β-Typ bedeutend häufiger, während der α- und γ-Typ entsprechend kleinere Frequenzen zeigen. —

Werden versuchsweise alle a-Bäume der verschiedenen Etagen zu einer Gruppe zusammengestellt, ebenso die b-, c- und B-Bäume, so erhält man eine Prozentverteilung zwischen diesen betreffs der Gesamtstammzahl des Bestandes, wie sie die graphische Tafel 6 zeigt. Diese Gruppen werden hier »zusammengestellte Baumklassen» genannt.

Eine derartige biologische Baumkombination scheint nicht besonders motiviert zu sein. Dies findet aber ebenfalls eine recht natürliche Erklärung, nämlich die, dass die Konkurrenz im Bestande, wie oft erwähnt, gleichsam auf zwei »Fronten» vor sich geht, einer vertikalen und einer horizontalen.

[1] Natürlich abgesehen von der B-Gruppe.

Dies verursacht u. a., dass jede Etage oder wenigstens die Etagen paarweise (Näheres weiter unten) ihr eigenes, im Hinblick auf die anderen Etagen in gewissem Masse unabhängiges Sonderleben führen. Diese Verschiedenheit — die übrigens schon weiter oben analysiert worden ist, — rührt natürlich aus der verschiedenwertigen Stellung her, die diese Etagen vor allem hinsichtlich der Lichtzufuhr und des »Druckes» zwischen den Etagen haben. Die Entwicklung kann also wegen der Verschiedenheit dieser wichtigen Faktoren in den verschiedenen Etagen nicht gleichartig sein, und nicht einmal gleichnamige Baumklassen sind in den verschiedenen Etagen biologisch direkt miteinander vergleichbar.

In nahem Zusammenhang mit diesem Sachverhalt steht der übrigens an sich recht beachtliche Umstand, dass die Etagen, und ebenso die Baumklassen, im Bestande keine gleichmässige stammweise Mischung darstellen. (Vgl. S. 148 Fussnote.)

Wie nämlich mehrere Waldbiologen konstatiert haben (vgl. z. B. Schotte 1913, S. 192 ff.) und Verf. ebenfalls in seinen Probebeständen beobachtet hat, zeigt der Bestand oft statt der angenommenen gleichmässigen stammweisen Höhen- und Baumklassenmischung eine Konfiguration in kleinen Gruppen, wobei diese oft nur eine bestimmte Etage, ja sogar am nächsten eine besondere Baumklasse von dieser sind. Die Folge dieser Konfiguration ist das Auftreten solcher Lücken im Bestande, die nicht mehr durch Kronenerweiterung der Randbäume gefüllt werden können.[1]

Die Ursachen zu einer solchen Kleingruppierung sind dieselben, die schon auf den ersten Seiten der vorliegenden Arbeit als bestimmend für die Individualität der Baumdifferenzierung erwähnt wurden. Verschiedenartiges Zusammentreffen von Einflüssen hat verschiedene Gestaltungen und Gruppierungen zur Folge. Die Bäume bleiben an ihrer Stelle, wo sie einmal verwurzelt sind, ein Umstand, der nur geeignet ist, die entstandene Konkurrenz zu verschärfen und sie mehr zu lokalisieren und zu spezialisieren, als wenn die Individuen beweglich wären und übermächtiger Klemmung und Druck entfliehen und freiere Plätze aufsuchen könnten. Die Verteilung auf kleine

[1] Z. B. eine gleichmässige a-Gruppe wird zunächst zu einer teilweisen b-Gruppe, die ihrerseits recht bald infolge des fortschreitenden Wachstums der Bäume zur c-Gruppe wird, die schliesslich — bei gleichmässiger, übermächtiger Klemmung — in relativ kurzer Zeit fast völlig absterben kann, wobei sie nur — eine unausfüllbare Lücke hinterlässt.

Gruppen und dadurch auch die Lückigkeit des Bestandes sind somit recht natürliche Äusserungen der Konkurrenz im Bestandesinnern.

Dass dies für die Ziele einer geordneten Forstwirtschaft nicht ganz vorteilhaft ist, leuchtet ebenfalls ein. Ein derartiger »Fleckenzustand» ist bei Durchforstungen — wenigstens dann, wenn erst in späteren Altersstufen zu ihnen geschritten wird, — keineswegs willkommen.

Bei den Durchforstungshieben wird nämlich sowohl eine gleichmässige weitere Stellung wie auch die Erhaltung nur möglichst guter bzw. nützlicher Baumindividuen in jeder Etage erstrebt, am nächsten also der a-Bäume. Die fleckenweise auftretenden b- und c-Bäume vereiteln jedoch die letzterwähnte Absicht zum Teil, denn man muss sie ja in recht reichlichem Masse stehen lassen, wenn keine a-Bäume in passenden Entfernungen zu finden sind. Und wie gesagt, der Bestand wird auch auf die Dauer lückig, wenn der Existenzkampf nicht beizeiten geregelt wird.

Diese Erscheinungen in der natürlichen Entwicklung des Bestandes haben auch dazu geführt, dass Stimmen laut geworden sind, die eine bereits recht frühzeitige Auswahl und Markierung dieser Stämme wünschen, die später den haubaren Bestand bilden können. Die primärste Aufgabe der Durchforstung wäre dann die sorgfältige Pflege und Förderung dieser Eliteindividuen (»Abtriebsbestand», »Abstandsstämme», vgl. S. 14). Dann würden auch solche geradezu als verheerend zu betrachtende Durchforstungsfehler vermieden, die dadurch leicht entstehen, dass nur die jeweilige Baumstellung ins Auge gefasst wird, nicht aber die Entfernung zwischen den Stämmen geschätzt oder berücksichtigt wird, die dereinst im haubaren Bestande herrschen soll. Durch zeitigere planlose Durchforstungen werden vielleicht die Möglichkeiten zur Bildung einer richtigen Distanzstellung für den haubaren Bestand verhindert, — und ein solcher Fehler kann in keiner Weise mehr gutgemacht werden, weil die Distanzzahlen nach einer bestimmten Stufe nicht mehr beliebig verändert werden können.

Zweifellos wäre somit die oben erwähnte, seinerzeit auf die Bezeichnung der »Reifebäume» abzielende Massnahme besonders bedeutungsvoll. Ihre praktische Verwirklichung wird leider durch die Ungewissheit hinsichtlich unbekannter wirtschaftlicher Bedingungen (Reifezeit, Länge der Umtriebszeit) und durch Naturverheerungen auf lange Zeit erschwert. — Die sachgemässe Durchforstung ist tatsächlich keine leichte Aufgabe. — Vgl. noch die zwei folg. Kap. —

In der graphischen Tafel 4 werden die absoluten Stammzahlen der Baumklassen in gleicher Weise vorgeführt wie die der Etagen in der vorigen Figur. Die B-Gruppe ist wegen ihres geringen Vorkommens bei dem kleinen Massstab nicht sichtbar. Ebensowenig konnte sie in Fig. 8 zur Darstellung kommen. —

Aus der Gesamtstammverteilungstafel 8 ist also die Gesamtrelation und -gesetzmässigkeit der biologischen Stammverteilung in gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbeständen der untersuchten drei Waldtypen im Verlauf der gesamten bedeutungsvolleren Entwicklungsperiode des Bestandes ersichtlich.

Die Höhe.

Der Standpunkt des Verf. über die Anwendung seines Baumklassifikationsschemas auf die Charakterisierung der primärsten Erscheinung der Baumdifferenzierung, der Höhenschichtung, ist S. 92—94 vorgetragen worden. Ebenso ist über die Abschätzungs- und Messungsmassnahmen berichtet worden, durch die die mittleren Höhen der verschiedenen Etagen in den Probebeständen bestimmt wurden (S. 97—99, 103). In Tabelle X sind die Höhenzahlen der auf die erwähnte Weise gewählten, gefällten und gemessenen Probestämme angeführt. — Die wichtigsten Ergebnisse der Höhenuntersuchungen sind folgende.

Die Charakterisierung der Etagen betreffs ihrer Höhen — an sich und im Verhältnis zueinander — ist einerseits von den Beherrschungsbenennungen abhängig, die ihnen gegeben werden, und andrerseits von der Höhenvariationsweite und -verteilungsform der Bäume im Bestand.

Die biologische Systematisierung der Höhenverteilung geht, wie oben gezeigt wurde, bei der Individuenunterscheidung am natürlichsten von der Beobachtung und Charakterisierung der Individuenkategorie aus, die die bestimmendste Stellung in der Bestandesgesamtheit erlangt hat, d. h. von der Oberschicht. Die übrigen Etagen haben ihren Namen und ihre Gradierung danach erhalten, wie sie zu dieser wichtigsten Etage des Bestandes sowie auch zueinander stehen. Die Benennungen der verwendeten vier Höhenschichten oder Etagen waren, wie erwähnt: Ober-, Vasallen-, Unter- und Grundschicht od. -etage, — bzw. herrschende, mitherrschende, beherrschte und unterdrückte Bäume.

Die Definierung oder Bestimmung der verschiedenen Etagenhöhen ist somit primär auf Grund einer Untersuchung der Verhältnisse der Höhen der drei unteren Etagen zur Oberhöhe vorzunehmen. Dies setzt jedoch voraus, dass die Oberhöhe schon an sich untersucht und bestimmt worden ist. In bezug hierauf kann es angebracht sein, zunächst die Messungs- und Ausgleichungsergebnisse hinsichtlich der mittleren Oberhöhe vorzuführen. Sie sind ersichtlich in der graphischen Darstellung 9. (Vgl. Tabelle X.)

Die Krümmungsform der erhaltenen Oberhöhenausgleichungskurven erinnert recht stark an den Verlauf der von BLOMQVIST (1881, S. 22—23) vorgeführten Oberhöhenkurven. U. a. erweist sich das Höhenwachstum in beiden Darstellungen als nahezu aufhörend (in Süd- und Mittelfinnland) im Alter von ca. 150 Jahren. Absolut können jedoch die Zahlenwerte nicht direkt verglichen werden, da Verf. Süd- und Mittelfinnland als einheitliches Standgebiet ansieht, und weil BLOMQVIST's Zahlenwerte mittlere Werte von verschiedenwertigen produktiven Standorten sind. Übrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass die zu vergleichenden Zahlenwerte sachlich zu denselben Ergebnissen führen würden.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen Y. ILVESSALO's (1920 b, Fig. Nr. 45) zeigt ebenfalls gute Übereinstimmung. Ein solcher mit den Höhenzahlenwerten von MAASS (1913 b, S. 62 ff.) kann hier nicht unternommen werden, u. a. weil seine Zahlenwerte auf mechanischer Höhen-Brusthöhendurchmesserausgleichung beruhen. Es sei jedoch erwähnt, dass die Oberhöhe von MAASS' bester Bonität bei 150 Jahren hier der Oberhöhe des M-Typs auf derselben Altersstufe entsprechen dürfte.[1]

Um die Höhen der drei unteren Etagen wie auch die Gesamthöhenvariation des Bestandes vorläufig näher zu charakterisieren, wurde eine Reihenberechnung der oben erwähnten Art von dem Gebiete der Höhenvariation des Bestandes vorgenommen.

Diese Berechnung konnte also nicht auf Grund eingehender Höhenmessung ausgeführt werden, sondern als Grundzahlen mussten gerade die jetzt zu untersuchenden Etagenmittelhöhen und die oben erwähnten Etagenfrequenzzahlen dienen. Die Berechnung erinnert somit ihrer Art nach an die von H. PRYTZ vorgeführte und hier früher erläuterte Dreiklassenrechnung (S. 95—96 Fussnote 2). Da hier jedoch vier Klassen und vier Mittelwerte zu verwenden sind statt PRYTZ' drei Klassen

[1] Wie die obenerwähnte Untersuchung von Y. ILVESSALO zeigt, erreicht die Kiefer ihre höchste Höhe im M-Typ (dieselbe Höhe wie im OM-Typ).

Tabelle X. **Höhenzahlen der Probebestände (m oder %).**

Waldtyp	Bestandesalter	Mittlere Bestandeshöhe H_1 (m)	Mittlere Oberhöhe (m)	Mittlere Höhen der übrigen Etagen in % von der Oberhöhe			Probestammhöhen der echten Baumklassen (m)											
							1			2			3			4		
				2	3	4	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
MT	14	3,8	5,1	80	65	47	5,3	5,2	4,8	4,0	4,0	4,2	3,5	3,3	3,2	2,4	2,5	2,4
»	19	5,1	7,1	86	69	46	7,7	6,9	6,6	6,2	6,2	5,9	—	4,9	4,9	—	3,6	3,0
»	30	10,0	12,2	91	81	65	12,1	12,0	12,4	11,4	10,8	11,0	10,0	9,8	10,0	7,8	8,6	7,4
»	47	15,2	17,5	91	78	69	17,8	16,6	18,0	15,9	15,7	16,0	13,8	13,6	13,7	—	12,0	12,0
»	69	20,2	22,1	92	84	72	23,0	22,0	21,4	20,3	20,7	19,8	19,6	18,3	17,7	15,0	16,2	16,6
»	78	22,8	26,2	89	78	71	26,9	26,0	25,6	23,7	22,8	23,5	20,1	21,0	20,1	18,1	18,7	18,6
»	96	24,0	27,0	85	78	64	27,3	27,8	26,0	22,8	22,8	23,2	22,0	20,8	20,4	17,8	16,7	17,7
»	103	26,9	29,8	87	80	66	29,1	29,0	31,2	26,3	26,1	25,4	23,7	23,8	23,8	18,5	20,2	20,0
»	136	25,7	28,9	90	78	71	28,7	29,1	28,9	25,2	25,8	26,9	23,5	22,0	22,0	20,7	20,5	20,5
»	146	27,8	31,0	89	80	71	31,5	30,5	31,0	27,6	28,1	27,1	24,4	25,2	24,8	22,2	21,9	21,6
VT	14	2,8	4,1	78	59	39	4,2	4,0	4,0	3,3	3,3	3,0	2,5	2,4	2,4	1,7	1,6	1,5
»	27	6,1	8,4	85	64	49	8,7	8,6	8,0	7,2	6,9	7,1	5,7	5,2	5,4	3,6	4,3	4,4
»	50	13,0	15,7	84	76	64	16,6	15,6	14,8	12,5	13,3	13,9	11,1	12,2	12,6	9,1	9,9	10,9
»	70	16,6	19,3	89	76	62	18,8	18,3	20,8	16,9	17,3	17,0	14,5	15,1	14,5	12,4	11,9	11,8
»	76	18,9	21,7	86	77	68	21,2	22,2	21,7	19,0	18,0	19,0	16,4	16,9	17,2	15,2	15,3	14,0
»	90	21,6	24,5	90	79	67	25,0	23,3	25,3	22,0	21,5	22,5	20,0	19,1	19,0	17,3	17,8	14,5
»	102	20,9	23,3	88	77	69	24,0	23,3	22,6	20,2	20,1	20,9	18,5	17,5	18,0	—	16,3	15,7
»	115	22,6	25,2	92	77	63	25,0	25,0	25,5	24,0	22,0	23,2	19,0	19,8	19,0	17,5	15,0	15,1
»	130	20,9	23,2	89	82	71	24,6	22,6	22,5	21,5	20,0	20,6	18,5	19,0	19,9	17,6	16,0	16,0
»	156	23,3	26,5	88	74	67	27,6	25,0	26,8	21,5	24,0	24,0	19,2	20,2	19,8	18,3	17,3	17,8
CT	14	1,5	2,6	73	46	23	2,7	2,6	2,4	2,1	1,9	1,7	1,2	1,2	1,3	0,7	0,8	0,6
»	35	4,4	7,4	73	57	41	7,7	8,0	6,5	5,7	5,2	5,4	4,0	4,6	4,0	3,2	2,7	3,1
»	45	6,9	9,5	86	63	38	10,4	9,0	9,2	8,1	8,0	8,5	—	5,8	6,2	—	3,5	3,7
»	50	8,6	12,1	83	65	50	12,8	12,5	11,0	10,0	10,3	9,9	7,6	8,3	7,8	5,9	5,8	6,5
»	64	9,5	14,1	80	62	38	14,7	13,4	14,1	11,8	11,2	10,8	9,3	8,6	8,3	5,5	5,1	5,4
»	87	13,7	17,6	83	67	48	19,1	16,8	17,0	14,7	14,2	15,0	12,8	11,4	11,3	8,5	7,5	9,5
»	96	12,8	16,2	81	65	51	16,0	16,2	16,4	13,0	13,0	13,6	11,4	10,5	10,0	8,6	8,2	8,0
»	102	16,2	19,5	90	77	58	19,0	20,0	19,6	17,8	17,6	17,2	14,6	15,4	15,0	10,6	12,4	11,2
»	130	15,6	19,5	91	70	52	20,3	19,0	19,1	18,3	17,3	17,9	15,8	12,3	12,3	10,6	10,6	9,3
»	159	18,5	21,6	88	73	61	21,2	21,0	22,5	19,0	18,9	18,8	16,0	16,0	15,3	14,2	13,5	12,0

und lediglich zwei Zwischenwerte vom Gebiete der Variationsweite, können ausser Mittel und Dispersion jetzt auch die Asymmetrie- und Exzesskoeffizienten berechnet werden.

Dass die erhaltenen Werte einer solchen Berechnung pro Bestand nicht ganz sicher sein können, ist klar. Eine solche Sicherheit war aber auch nicht unbedingt nötig. Der Zweck war nämlich nur, den allgemeinen Charakter der Beziehungen zwischen den Etagen und die Gesetzmässigkeiten derselben zu erforschen, — hierzu aber genügte das Verfahren. Dass es trotzdem die Ergebnisse sogar über Erwarten sowohl für einzelne Reihen wie auch bei einem Vergleich der untersuchten Typenmaterialien vereinheitlichen kann, war für die Untersuchung natürlich nur von Vorteil. Die Sicherheit der Ergebnisse wurde auch dadurch erhöht, dass die Resultate, wie man später sehen wird, beachtlich mit den entsprechenden Ergebnissen der Durchmesservariationsuntersuchung harmonieren, wie auch mit den biologischen Grundeigenschaften derjenigen relativen Frequenzverteilungserscheinungen, die bereits im vorigen Kapitel zur Darstellung gekommen sind. Schliesslich bestätigten auch die bei der stammweisen Höhenmessung (vgl. S. 98) vorgenommenen Höhenvariationsuntersuchungen die erhaltenen Ergebnisse. — Nach diesen Anzeichen konnte man also schliessen, dass man die Ergebnisse in grossen Zügen als richtig ansehen darf, obgleich ihre Stufenwerte und Massgrössen im einzelnen nicht in jeder Beziehung stichhaltig sein können.[1]

Im Hinblick auf den Charakter dieser Berechnung erschien es nicht nötig, die erhaltenen Ergebnisse anders als in graphischer Weise darzustellen (Fig. 12, 15—19).[2] Hinsichtlich des Mittelwertes, dessen Bestimmung man wohl als relativ sicher betrachten kann, ist jedoch eine Ausnahme gemacht, und seine Zahlenwerte sind aus Tabelle X ersichtlich.[3]

[1] Wie schon früher vermutet wurde und weiter unten näher gezeigt werden soll, befolgt der Bestand (wenigstens hinsichtlich des Durchmessers, aber wahrscheinlich auch der Höhe) die Variationsgesetze einer Art Komplexreihe. Bei der hier vorgenommenen Berechnung sind jedoch die Variationsgesetze einer einfachen Reihe angewandt worden. — Auch infolge hiervon sind also bestimmte Ungenauigkeiten hinsichtlich der berechneten Charakteristikumwerte zu erwarten.

[2] Die Primärwerte der Berechnung können dagegen allerdings aus Tab. V u. X ersehen bzw. abgeleitet werden.

[3] Da die Höhenzahlen auf dreierlei Höhenschätzung bzw. -messung basieren, nämlich auf der nach Augenmass, auf der indirekten Hypsometerschätzung und auf unmittelbarer Messung, so wurde es für richtiger erachtet, die Mittelfehlerberechnung hier ausser Acht zu lassen. — Die Höhenzahlen werden hier ebenfalls nur mit einer Genauigkeit von Dezimetern bzw. ganzen Prozenten zum Ausdruck gebracht.

Aus den graphischen Darstellungen 15—17 ersieht man, dass die Höhenvariationsweite absolut wächst (Zunahme der Höhendispersion in Fig. 15) und abnimmt in ihrem Verhältnis sowohl zur Ober- als zur Mittelhöhe (Variationskoeffizient in Fig. 16 u. 17).

Der absolute Betrag der Unterschiede zwischen den Etagen muss somit wachsen, während gleichzeitig deren relative Anteile an der Oberhöhe entsprechend geringer werden. Die letzterwähnten Grössen müssen jedoch nach Ausweis der Variationskoeffizienten sich über kurz oder lang stabilisieren, und zwar geschieht dies um so früher, je besser der Standort ist.

Es ist natürlich, dass die Ergebnisse, die erhalten werden, wenn die Entwicklung der genannten Mittelhöhen auch von Etage zu Etage untersucht wird, die zuletzt gemachten Beobachtungen auf dem Gebiete der Höhenvariation bestätigen.

Prüft man so einerseits die graphische Darstellung 10, die die prozentualen Anteile der mittleren Höhen der drei unteren Etagen im Vergleich zu der Obermittelhöhe vorführt, und andrerseits Fig. 11 (vgl. auch Fig. 20—22), die die Entwicklung der absoluten mittleren Höhen der Etagen veranschaulicht, — so erhellt mit voller Evidenz, dass gleichzeitig mit der absoluten Erweiterung der Höhenvariation mit dem Alter das Verhältnis zwischen Variationsweite und Oberhöhe kleiner wird, bis der Gleichgewichtszustand erreicht wird, was bei den verschiedenen Waldtypen wie auch in der verschiedenen Etagen auf verschiedenen Altersstufen geschieht, nämlich in folgender Weise: je geringer der Waldtyp und je niedriger die Etage ist, um so später tritt der Gleichgewichtszustand ein; auch die Stufen dieser Stabilisierung sind bei den einzelnen Waldtypen nicht gleich. Beim M-Typ stabilisieren sich die Etagen somit spätestens um das Alter von 60 und beim V-Typ von ca. 90 Jahren. Die entsprechenden Teilhöhen des C-Typs stabilisieren sich dagegen noch nicht mit 150 Jahren. Was weiter die Unterschiede zwischen den verschiedenen Etagen betrifft, macht die mittlere Höhe der unteren Etage einen relativ grösseren Anstieg im Vergleich zur Oberhöhe durch als die der höheren, worauf es beruht, dass die bis zur Stabilisierung verfliessende Zeit der erstgenannten länger als die der letztgenannten ist. Fig. 10.

Dieses Verhältnis zwischen Oberhöhe und Höhenvariationsweite, bzw. zwischen den Etagen, bedeutet einerseits biologisch, dass die untere Grenze der Lebensmöglichkeit nicht durch eine konstante relative Höhe im Verhältnis zur Oberhöhe bedingt ist, und andrerseits somit klassifi-

kationstechnisch, dass die Etagen nicht in bezug auf die Oberhöhe durch allgemeinkonstante Teilhöhen charakterisiert werden können, — unter der Voraussetzung nämlich, dass unter den Etagenbenennungen durch die ganze Lebenszeit des Bestandes hindurch nahezu dasselbe verstanden wird und dass die verwendete Etagenzahl (hier also vier) in allen einzelnen Fällen ebenfalls dieselbe bleibt. — Vgl. S. 92—94. —

Bei noch näherer Prüfung der Etagenhöhen bemerkt man, dass der M- und der V-Typ einander ziemlich nahe folgen (relative Darstellungsform), und was insbesondere die zweite Etage anbelangt, so unterscheiden sich auch die Prozentzahlen des C-Typs nicht nennenswert von den erstgenannten. Was dagegen die zwei unteren Etagen des C-Typs betrifft, müssen sie bedeutender von den unteren Etagen der beiden anderen Typen abweichen, da die Höhenvariationsweite beim C-Typ relativ viel weiter zu sein scheint als bei dem M- und dem V-Typ (vgl. die Höhen-Variationskoeffizienten, Fig. 16—17 sowie den Durchmesser-Variationskoeffizienten in Fig. 34). Die Dispersionsfigur 15 bestätigt die Sache noch, indem sie die beachtenswerte Verschiedenheit des C-Typs von den anderen Typen zeigt, durch die ihm eigene, auch absolut grössere Höhenvariationsweite bei höherem Alter. Dieser Umstand führt somit zu einer beträchtlichen Höhendifferenz des C-Typs zwischen den unteren Etagen im Vergleich zu der zwischen der 1. und 2. Etage (Fig. 10 u. 11), während der M- und der V-Typ eine recht gleichmässige Differenz in den Verhältnissen zwischen den einzelnen Etagen zeigen. — Vergleicht man die erhaltenen Höhenergebnisse noch mit den oben dargelegten Frequenzverhältniszahlen der Etagen (Fig. 5), so findet man von den erwähnten Typen den C-Typ als noch stärker abweichend charakterisiert. In der Grundschicht des C-Typs, die relativ tiefer liegt als die entsprechenden Schichten der anderen Typen, ist die Stammzahl nämlich im allgemeinen beträchtlich grösser als bei diesen anderen Typen — hinsichtlich des M-Typs zeitweise sogar zweimal so gross. Diese bedeutenden Abweichungen des C-Typs dürften vor allem aus den Umständen herrühren, die S. 161 erwähnt worden sind. Weitere Beleuchtung erfährt die Sache durch das folgende Kapitel über die Krone.

Inwieweit diese Merkmale auch über die relative Höhe der Lichtgenussminimumgrenze der Kiefer auf verschiedenwertigen Standorten Auskunft geben können, kann wenigstens nicht ohne genaue Spezialuntersuchungen unter anderem über die in der Sache natürlich entschieden wichtigen Kronenverhältnisse im Bestand erkannt werden. —

Die Gesamtmittelhöhe des Bestandes (H_1) ist dargestellt in Fig. 12 und 13. Die erstere gibt ein Bild von der absoluten Höhe und die letztere von deren prozentualem Betrag im Verhältnis zur Oberhöhe. —

Als Ausdruck für die prozentualen Teilhöhen der mittleren Etagenhöhen und der mittleren Höhe des Bestandes im Vergleich zur Oberhöhe werden die entsprechenden ausgeglichenen Verhältniszahlen von 10, 50, 100 und 150 Altersjahren vorgeführt. (Tabelle XI.)[1]

Tabelle XI. Einige Etagen- und Bestandes-Mittelhöhenbeträge in Prozenten von der Obermittelhöhe.

Etagen:	Waldtyp											
	MT				VT				CT			
	Bestandesalter											
2, 3, 4	10	50	100	150	10	50	100	150	10	50	100	150
	Prozente											
2	76	89	89	89	71	88	89	89	67	83	87	88
3	58	79	79	79	48	76	78	78	40	64	70	72
4	31	69	69	69	24	63	67	67	16	43	52	56
Mittlere Bestandeshöhe	69	86	89	90	62	83	88	89	54	70	80	83

Die Veränderlichkeit (Zunahme) der mittleren Höhe des Bestandes, als Teilhöhe von der Oberhöhe mit wachsendem Alter, beruht einerseits darauf, dass sich die Teilgewichtszahlen der Frequenzen der Etagen in bezug aufeinander verändern (etwa nach dem ca. 25. Altersjahr ändern sich, wie gezeigt, durchschnittlich nur noch die relativen Gewichtszahlen der Ober- und Grundbäume, — die Oberschichtgewichtszahl nimmt zu, die Grundschichtgewichtszahl ab; vgl. Fig. 5), — und andrerseits darauf, dass sich die Prozenthöhen zwischen den Etagen in gleicher Weise ändern (vgl. Fig. 10). Da die erstgenannte Gewichtsverschiebung durch die ganze Lebenszeit des Bestandes hindurch fortdauert, kann auch die Mittelhöhen-Teilhöhe des Bestandes betreffs der Oberhöhe nicht völlig ins Gleichgewicht kommen, wie auch aus Fig. 13 ersichtlich. — Ebenso sind auch die absoluten Zunahmen der mittleren Höhen der Etagen

[1] Die Zahlenwerte werden in vollen Prozenten ausgedrückt.

abhängig sowohl von der Beschaffenheit des Klassenumtriebs wie von der Stammzahlenabnahme, — abgesehen natürlich von dem eigenen Höhenwachstum der Individuen. Der Umstand, dass die Stammzahlenabnahme vor allem die unteren Etagen trifft und dass in diesen gleichzeitig Ankömmlinge aus den höheren Etagen erscheinen, bewirkt somit, dass auch die mittleren Höhen der beherrschten Etagen recht gut anwachsen, obwohl deren Individuen ihre Höhe verhältnismässig wenig vermehren. Im selben Verhältnis wie der Zuwachs der herrschenden Etagen mit dem Älterwerden geringer wird und ebenso die Stammzahlenabnahme, kommt also auch der scheinbare Höhenzuwachs der unteren Etagen zum Stehen.

Die absoluten Höhenunterschiede der mittleren Höhen der Etagen bewegen sich mit 50 Jahren um rund 2 m und 100 Jahre später um rund 3 m. Fig. 11.

Die absolute Differenz von Ober- und Bestandesmittelhöhe (Fig. 14, $\Delta_{H_o - H_i}$) liegt in höherem Alter bei dem M- und dem V-Typ zwischen $2^1/_2$ und 3 m, wohingegen sie beim C-Typ über $3^1/_2$ m beträgt.

Ein Vergleich mit den von Y. ILVESSALO (1920 b, Fig. Nr. 45 u. 42; 1920 c, S. 29—33) gefundenen entsprechenden Höhendifferenzen ergibt im allgemeinen ziemlich befriedigende Übereinstimmung. An gewissen Stellen sind die Abweichungen jedoch grösser.[1] — Die von WEISE bestimmte Höhendifferenz H_o—H_1 (1880, S. 67 und 1896 a, S. 6) bewegt sich ihrer Grösse nach nur um $1^1/_2$ m. Dies ist ein Beispiel dafür, wie sehr Durchforstungen auf die mittlere Höhe einwirken können (WEISE 1880, S. 3).[2] —

Das unbedingte Erfordernis, für die Volumberechnung von jeder einzelnen Etage und Baumklasse einen mittleren Stamm zu erhalten, machte es unumgänglich, gerade die m i t t l e r e Höhe einer jeder Etage zu untersuchen und zu bestimmen. Die Charakterisierung und nähere

[1] Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen von ILVESSALO und vom Verf. beruhen nicht auf einer Inkonstanz der Waldtypen, sondern einerseits darauf, dass bei ILVESSALO's grossem Material naturgemäss nicht ebenso strenge Anforderungen hinsichtlich der normalen Bestandesstruktur befriedigt werden konnten wie in dem beschränkteren Material des Verf. (vgl. ILVESSALO 1920 b, z. B. S. 59—76), und andrerseits auf der Verschiedenheit der befolgten Ausgleichungsprinzipien. — Auch noch andere Abweichungen in den beiderseitigen Ergebnissen sind durch dieselben Ursachen zu erklären.

[2] Verschiedenheiten in der geographischen Lage und den Rasseneigenschaften können natürlich auch mit einwirken.

Untersuchung der Etagenhöhen geschah also besser mit Hilfe der Mittelwertzahlen als der Grenzwertzahlen.

Schotte hat die Etagenhöhen umgekehrt auf Grund der Grenzwertzahlen im Vergleich zur Oberhöhen-Obergrenze bestimmt. Die Zahlenwerte des Verf. können also nicht ohne weiteres mit denen von Schotte verglichen werden. Verf. sah auch keinen Anlass, auf Grund seiner Mittelwertzahlen die Grenzwertzahlen der Etagen zu bestimmen, teilweise deshalb, weil die Bestimmung auf diese Weise nicht befriedigend sicher ausfallen kann, zum anderen aber vor allem deshalb, weil diese Etagen auch in der Natur nicht so absolut, durch eine ganz bestimmte Vertikale abgegrenzt sind, wie man es sich gern theoretisch vorstellt. Das Verhältnis zwischen den einzelnen Etagen schwankt von Fall zu Fall, woraus eine gewisse gegenseitige Deckung der Grenzfälle resultiert. Die Grenzgegenden sind somit unsicherer als die mittleren Gegenden der Variationsgebiete, weshalb man wohl annehmen darf, dass die Mittelwerte die Etagen besser charakterisieren als die Grenzwerte.[1]

Einen allgemeineren Vergleich schliesst jedoch der erwähnte Umstand hier nicht aus, — besonders weil es bei der ersten Musterung den Anschein hat, als ob die Unterschiede in den Anschauungsweisen ziemlich gross wären.

Die o b e r e n Höhengrenzwerte von Schotte's drei Sekundärschichten sind nämlich für die Kiefer theoretisch annähernd 87, 73 und 60 % von der o b e r e n Grenze der Oberhöhe (die oberen 40 % dieser Höhe werden in drei gleiche Teile geteilt; vgl. S. 15). Macht man nun die vorläufige Annahme, dass die Mittelwerte der drei oberen Schichten ungefähr mitten zwischen den Grenzwerten liegen, so erhält man, wenn man die m i t t l e r e Höhe der Oberschicht mit 100 % bezeichnet, als Mittelhöhen-Prozentzahlen der zweiten und dritten Schicht Schotte's annähernd 86 und 71 %.

Diese Prozentzahlen würden den Ausgleichungszahlen des Verf. für den M-Typ bei einem ca. 20-jährigen, für den V-Typ bei einem ca. 35-jährigen und für den C-Typ bei einem ca. 100-jährigen Bestand ent-

[1] Bekanntlich ist es ebensowenig vom biologischen wie vom variationsstatistischen Standpunkt empfehlenswert, die Randwerte der Reihen als Grundbestimmungscharakteristika derselben zu verwenden. Eine Gruppierung, die auf solchen Charakteristika fusst, leidet leicht an einer allzugrossen Zufälligkeit, so dass der biologische Gedanke, auf dem die Gruppierung ursprünglich aufgebaut wurde, einen Teil von seinem wirklichen Inhalt verlieren kann. — Wie bekannt, verwendet Schotte die Maximalhöhe des Bestandes auch bei der Charakterisierung der Standortsbonität (1916—1917, S. 640 ff.).

sprechen, wohingegen die Altersperioden, in welchen die Prozentzahlen fest werden, bei dem M- und dem V-Typ nach Verf. 89 und 79, bzw. 89 und 78 Proz. aufweisen. (Fig. 10 und Tab. XI.)

Vergleicht man noch die Grundschichtencharakteristika SCHOTTE's und des Verf. miteinander, so werden die Verschiedenheiten noch grösser. Die fest gewordenen M i t t e l höhenprozentzahlen des Verf. für den M- und den V-Typ sind nämlich 69 bzw. 67 % von der Obermittelhöhe, während SCHOTTE's Grundschichten o b e r grenze nur ca. 64 % von der gleichen Höhe beträgt.[1]

Im Zusammenhang mit seiner Höhenschichtungstheorie führt SCHOTTE die Ergebnisse einer in der Natur angestellten Klassifizierung vor, die recht gut mit den Zahlenwerten übereinstimmen, die auch Verf. in der Natur erhalten hat (SCHOTTE 1912, S. 253). Der Versuch wurde in einem 48-jährigen Kiefernbestand vorgenommen, und die Ergebnisse für die drei oberen Schichten sind: I — 16,3 m; II — 13,8 m; III — 12,2 m.

Bei einem Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden Zahlenwerten des V-Typs des Verf. (der Bestand scheint sich am besten dem V-Typ zu nähern), zeigt die Tabelle hier (Fig. 11; 53 J.) 16,3, 14,3 und 12,3 m. Die Differenz in den Höhenzahlen der zweiten Schicht hat gut zwischen den zufälligen Variationsgrenzen Platz, nämlich im Hinblick darauf, dass die gute Übereinstimmung der dritten Schichten ein gewichtiges Zeugnis dafür zu sein scheint, dass die Schichtenschätzung in beiden Fällen nach denselben Gesichtspunkten geschehen ist, — was übrigens auch ein Beweis dafür wäre, dass auch die Grundbäume bei diesen Schätzungen nach denselben Prinzipien taxiert worden sind. — Das angeführte Beispiel beweist jedoch natürlich in der Sache nichts End-

[1] SCHOTTE's Grundbaumdefinition (vgl. hier S. 16), dass die Grundbäume sich nicht über die untersten grünen Äste der drei oberen Schichten erstrecken dürfen, kann zum mindesten nicht auf einen gleichaltrigen Bestand angewandt werden. Weder die Höhenverteilung noch irgendeine andere, die GAUSS'sche Fehlerkurve oder deren Modifikationen befolgende Verteilung zeigt nämlich einen solchen plötzlichen leeren Raum in ihrer Variation, den die erwähnte Definition voraussetzt.

Was SCHOTTE unter Grundbäumen versteht, ist also nicht sicher festzustellen. Auf jeden Fall hat es jedoch den Anschein, als ob die von ihm festgesetzte Grundbaumhöhenobergrenze bedeutend zu niedrig wäre, denn wie auch aus obigen Mittelhöhenzahlen des Verf. im Vergleich zur relativ niedrigen Frequenzzahl der Grundbäume schon hervorgeht (Fig. 5), kann auch die biologische untere Höhengrenze der Grundbäume nicht mehr allzu weit von SCHOTTE's oberer Grenze entfernt sein (in dem genannten höheren Alter bei dem M- und dem V-Typ).

gültiges. Ausgedehntere Untersuchungen dürften zeigen, in welchem Masse die biologische Höhenschätzung im allgemeinen fest gemacht werden kann.

* * *

Für die unten darzulegende Untersuchung des Brusthöhendurchmessers und der Grundfläche war es angebracht, eine Bestimmung derjenigen Altersstufen zu versuchen, bei welchen die verschiedenen Etagen und der gesamte Bestand sowie deren Mittelstämme die Brusthöhe erreichen.

Diese Bestimmung konnte nur teilweise mit Hilfe des vorliegenden Materials erfolgen. In dem Masse nämlich, wie sich der Bestand entwickelt, treten die Individuen von einer Etage in die andere über, während die untersten gleichzeitig aus dem Bestande ausscheiden. Daraus folgt, dass die unterdrückten Bäume einer bestimmten Altersstufe vor einiger Zeit zum grossen Teil beherrschte Bäume gewesen sein konnten, vorher vielleicht mitherrschende und noch früher teilweise auch herrschende.

Die entsprechende Analyse bei herangewachsenen Individuen kann somit vom »Brusthöhenalter« nicht viel mehr erweisen als die Wachstumsverhältnisse der Oberbäume; den anderen Etagen haftet eine grosse Unsicherheit an. Hierauf beruht es, dass eine diesbezügliche Spezialuntersuchung in Beständen vorzunehmen wäre, die dem »Brusthöhenalter« möglichst nahe sind. Deshalb war Verf. gezwungen, seine einschlägigen Untersuchungen auch über sein eigentliches Material hinaus zu erstrecken. Als Mittelwerte dieser Untersuchung wurden folgende, als annähernd zu betrachtende Zahlenwerte erhalten: (Tabelle XII).[1]

Die hier vermerkten Zahlenwerte würden bedeuten, dass im M-Typ die herrschenden Stämme die Brusthöhe durchschnittlich im Alter von

[1] Diese Mittelwerte können — abgesehen von den Möglichkeiten, die von verschiedenen statistischen Mittelwerten geboten werden — im Prinzip auf zweierlei Weise berechnet werden. Einerseits nämlich durch Berechnung des Mittelwertes aus den Jahresbeträgen, die eine jede die Brusthöhe erreichende Pflanze benötigt, um so hoch zu wachsen, und andrerseits durch Berechnung der mittleren Jungbestandeshöhe auf den verschiedenen Altersstufen, bis sich als Mittelhöhe 1,3 m ergibt, welche Altersjahreszahl dann die gesuchte ist. — Die Verfahren brauchen nicht zu denselben Ergebnissen zu führen, haben es aber doch bei den hier angewandten Genauigkeitsgrenzen getan, — wie z. B. hinsichtlich des Gesamtmittelwertes des Bestandes konstatiert werden kann, wenn man in der Berechnung die betreffenden Zahlenwerte aus Fig. 3 u. 11 anwendet.

Tabelle XII. Mittlere „Brusthöhenalter" (J.) der Etagen und des Bestandes.

Etagen	Waldtyp		
	M T	V T	C T
	Alter		
1	6½	7½	10
2	7½	9	12
3	9	11	16
4	12	15	24
Bestand	8	10	15

ungef. 6—7 Jahren, die mitherrschenden Stämme von 7—8, die beherrschten Stämme von 8—10 und die unterdrückten Stämme vielleicht von 10—20 Jahren erreichen[1]; beim V-Typ entsprechend mit ca. 7—8, 8—10, 10—12 und 12—30 J.; beim C-Typ mit ca. 9—11, 11—14, 14—19, 19—50 J. Vgl., besonders hinsichtlich der End-Altersgrenze der Grundbäume, den Brusthöhendurchmesser der Minimalvariante der Probebestände in Fig. 33.[2]

Vergleichszahlen für die vorgeführten Alterszahlen finden sich nicht viele in der Literatur.

BLOMQVIST's schöne Oberhöhenkurven (1881, S. 22—24) zeigen, dass das Brusthöhenalter für Südfinnland 6 J. und für Mittelfinnland 8 J. ist. Im 10. Lebensjahr sind die entsprechenden Höhen 10 und 7 Fuss. Wie erwähnt, beziehen sich diese Kurven auf Mittelwerte von besseren und schlechteren Standorten (produktive Waldböden). — HEIKINHEIMO (1915, S. 142) erwähnt, dass er im 8-jährigen Kiefernbestand 0,6—2,0 m lange Pflanzen gemessen habe. — Y. ILVESSALO berichtet (1916, S. 16—19), dass Kiefernoberbäume im Staatsforst Salmi im Alter von 5 J. beim M-Typ durchschnittlich 1,1 m und im Alter von 10 J. beim C-Typ durchschnittlich 1,3 m Höhe erreichen. Später führt ILVESSALO

[1] Die Grundbäume charakterisiert somit ein relativ weites Zeitintervall. Dies bedeutet langsames Wachstum. — Da der grössere Teil der Grundbäume der oberen Höhengrenze näher liegt als der unteren, ist der mittlere Brusthöhen-Alterswert der unteren Altersgrenze näher. — Vgl. übrigens die Behandlung der Lichtfrage hier sowie im folgenden Kapitel.

[2] Über die negativen Werte in der Figur siehe S. 204 ff. Vgl. auch überhaupt S. 204—206.

auf Grund eines Materials, das sich auf die ganze Südhälfte Finnlands erstreckt, etwas niedrigere Höhenwerte für diese Altersstufen vor (1920 b, S. 125). — LAKARI (1920 c, S. 64 ff.) teilt ebenfalls gewisse Zahlen vom HM-Typ in Nordfinnland mit, die jedoch hier nicht ohne weiteres vergleichbar sind. — Die Kommission von Värmland (1914, S. 117) hat für ihr Material als Mittelwert 9,44 J. erhalten.[1]

* * *

Von Interesse ist die im allgemeinen bedeutende positive Schiefe der Stammverteilung des Bestandes in bezug auf die Höhe. Die Positivität dieser Schiefe beginnt beim M-Typ um das 30., beim V-Typ um das 40. und beim C-Typ um das 70. Lebensjahr, also nachdem die lebhafteste Auslichtungsperiode überschritten ist und die Oberschicht wieder zu Kräften kommt. Dies ist aus der graphischen Darstellung des Asymmetriekoeffizienten *S* ersichtlich (Fig. 18).

Das Material ergibt, wie man sieht, für die Entwicklung dieses Koeffizienten dieselbe Kurvenform wie für die Relativität der Oberbaumfrequenz (Fig. 5). Die den einzelnen Waldtypen entsprechenden Kurven haben ebenso in beiden Fällen dieselbe Reihenfolge. (Vgl. S. 160 ff. und ebenso S. 199 ff.)

Diese Übereinstimmung ist ganz natürlich. Der Asymmetriekoeffizient muss ja den relativen Frequenzübergängen der Etagen in bedeutendem Masse folgen, so dass die Korrelation zwischen diesen beiden Charakteristika gewiss gross ist. Sinkt der relative Anteil der Ober-

[1] Aus der Schweiz seien folgende Mittelwerte FLURY's (1895, S. 198—199) bei der besten Bonität in dem Adlisberger Versuchspark erwähnt (die Pflanzen sind auf 3 Längenklassen verteilt):

Durchschnittliche Höhe (cm) der Pflanzen (Föhre) im Alter von Jahren:

Klasse:	1	2	3	4	5	6
I: Gross	4	9	21	41	63	150
II: Mittelgross	3	7	18	34	54	122
III: Klein	2	5	10	20	37	86

Von den zahlreichen Nadelholzarten, die FLURY auf diese Weise untersucht hat, war die Föhre vom 3. Wachstumsjahre an entweder an erster oder zweiter (die Lärche dann zuerst) Stelle hinsichtlich der Höhenwachstumsgeschwindigkeit. — Unter den ersten erwähnt auch z. B. MAYR (1909, S. 133—134) die gewöhnliche Kiefer (in jüngerem Alter).

bäume, so muss auch der Zahlenwert des Asymmetriekoeffizienten sinken, und umgekehrt steigen, wenn die erwähnte Frequenz steigt (vgl. die Bedeutung des Vorzeichens des *S*-Koeffizienten S. 119 Fussnote 1). Die Korrelation muss hier also positiv sein. Der berechnete Korrelationskoeffizient zeigt denn auch demgemäss folgende Werte:

$$\begin{aligned} \text{MT} \quad & r_{S_H N_{O\,\%}} = +0{,}927 \pm 0{,}044, \\ \text{VT} \quad & \text{»} \quad = +0{,}858 \pm 0{,}083, \\ \text{CT} \quad & \text{»} \quad = +0{,}638 \pm 0{,}188. \end{aligned}$$

Besonders was den M- und den V-Typ anbelangt, sind die *r*-Werte also recht gross.

Mit wachsendem Alter nimmt der positive Zahlenwert des Asymmetriekoeffizienten zu und erreicht in späterem Alter schon eine recht bedeutende Höhe.

Noch bemerkenswerter wird diese positive Schiefe der Höhenverteilung, wenn man sie mit der Durchmesserverteilung vergleicht. Man sieht nämlich, dass der Durchmesser-Asymmetriekoeffizient S_D (Fig. 35) — indem er demselben Fall und Anstieg folgt wie die relative Oberbaumfrequenzkurve [1], — die ganze Zeit, vielleicht abgesehen vom frühesten Pflanzenalter, negativ bleibt. Auch der ausgeglichene Durchmesser-Asymmetriekoeffizient zeigt hinsichtlich der Waldtypen dieselbe Stufenfolge wie die ausgleichenden Kurven, die die Relativität der Oberbaumfrequenzen angeben. Auch zwischen diesen Charakteristika besteht somit eine bemerkenswerte Kovariation. (Vgl. näher das Kapitel über den Durchmesser.)

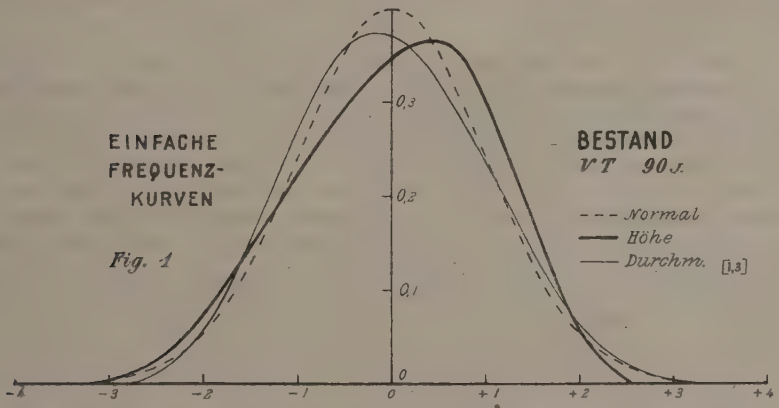
Zur Veranschaulichung dieser Gegensätzlichkeiten und besonders der positiven Schiefe der Höhenverteilung dient Fig. 1. Darin ist dargestellt ein ausgeglichener Normalbestand des V-Typs von 90 J., derselbe, welcher später zur Verdeutlichung der Durchmesserverteilung des V-Typs in Fig. 43 verwendet worden ist.

Die Asymmetrie- und die Exzesskoeffizientenwerte sind in dem Figurenbeispiel: $S_H = +0{,}228$; $S_D = -0{,}110$; $E_H = -0{,}128$; $E_D = -0{,}073$.

[1] Die Übereinstimmung zwischen der Relativität der Oberbaumfrequenz, den Variationen des Höhen- und des Durchmesser-Asymmetriekoeffizienten des Bestandes ist übrigens ein bedeutungsvolles Zeugnis dafür, dass die biologische Höhenklassifizierung, die auf einer Schätzung nach Augenmass beruht, mit der Durchmesserverteilung harmoniert, die mit Hilfe direkter Messung bestimmt ist, d. h. dass die Okularschätzung hinsichtlich des Klassifikationsprinzips konsequent war. Weiter unten kommen noch andere Beweise hierfür zur Sprache.

Erwähnt sei, dass der Däne Hornemann (1891, Tab. 2, 4; Tafel II) ebenfalls die positive Asymmetrie in der Bestandeshöhenverteilung konstatiert hat (Fichte, Kiefer). Desgleichen lassen die auf direkte Messungen basierten Untersuchungen über diese Verteilung, die S. 98 erwähnt sind und die in Kiefernbeständen des C-Cl-Typs von Hämeenkangas vorgenommen wurden, den Verlauf des ausgeglichenen Asymmetriekoeffizienten in der Hauptsache ähnlich erscheinen wie hier.

Wenn der Zahlenwert des Asymmetriekoeffizienten der Reihe unter 0,125 ist, wird die Schiefe als »gering» bezeichnet, — ist er über 0,250, so ist die Schiefe »bedeutend». (Vgl. z. B. Johannsen 1913, S. 247.)



Bei dem M- und dem V-Typ ist die Schiefe in höherem Alter nach dieser Skala »bedeutend». So ist einzuräumen, dass die Grösse der positiven Schiefe der Höhenverteilung in der Tat erstklassig ist. Ihre b i o l o g i s c h e Bedeutung ist dann gleichzeitig äusserst wichtig.

Biologisch dürfte diese expressive positive Höhenschiefe des Kiefernbestandes bedeuten: einerseits ein kräftiges individuelles Aufwärtsstreben zum Licht, das aus dem schweren Existenzkampfe resultiert, der wiederum eine Folge des Wachstums ist, — andrerseits ein durchschnittlich relativ schnelles Verkümmern der Individuen, die im Kampfe unterlegen sind und die somit wegen Raumbeschränkung keinen Platz an der eigentlichen »Lichtfläche» des Kronendaches erlangt haben.

Nur relativ bedeutende H ö h e garantiert sicheren L i c h t genuss — und somit L e b e n s erhaltung. Die Höhe scheint somit — wie auch bei der Aufstellung des Baumklassifikationsschemas angenommen wurde, — das Grundcharakteristikum des »B e h e r r s c h u n g s b e g r i f f e s»

zu sein (wenn man nämlich berücksichtigt, dass vor allem die Krone die Beschattung hervorruft, die hier so bedeutsam ist), und dies wird in vorzüglicher Weise gerade durch die positive Schiefe der Höhenverteilung veranschaulicht, — wohingegen die Hervorbringung eines relativ grossen Durchmessers keine ebenso primäre Lebensbedingung zu sein scheint; ein Baum kann recht gut auch mit schwächerem Stamm in geschlossenem Bestand fortkommen, — darin haben wir andrerseits die Negativität dieser Schiefe.

Die positive Asymmetrie der Höhe steht auch in vorzüglichem Einklang besonders mit neueren, bemerkenswerten Lichtuntersuchungsergebnissen betreffs der Kiefer. So sagt z. B. STÅLFELT u. a. (1921, S. 257—258):

» — — då bör man också närmast söka förklaringen till tallens och granens säregna assimilationskurvor i en bristande klorofyllhaltillgång, som ej medgiver luftkolsyrans fulla utnyttjande annat än vid mycket höga ljusintensiteter»; (S. 260): » — — tallens och granens höga ljusbehov är en följd av dessa träds relativt låga klorofyllhalt»; (1923, S. 285): » — — gäller för såväl gran som tall den enkla satsen: ju mera ljus desto bättre. Hos båda stiger assimilationsintensiteten med stigande ljusstyrka ända till fullt middagsljus en klar sommardag. Överflöd på ljus kan det således ej här bli tal om. I stället synas båda träden normalt lida av en viss ljusbrist. — — Om tallen och granen ställa relativt små anspråk på högre lufttemperaturer, så kräva de alltså ljus i så mycket större omfattning. Detta gäller i all synnerhet tallen». [1]

Ebenso BOYSEN JENSEN (1923, S. 270; vgl. auch 1921, S. 308); nachdem er über die Wachstumsfaktoren der Pflanzen berichtet hat, fährt er fort:

»Alligevel vil man blandt de nødvendige Faktorer være tilbøjelig til at give Lyset en Særstilling. Saa meget vigtigere er da det organiske Stof, der udgør ca. 99 % af Veddets Tørstof. Dette organiske Stof stammer som bekendt fra Luftens Kulsyre, der ved Lysets Hjælp omdannes til organisk Stof

[1] »— — dann muss man auch die Erklärung zu den eigenartigen Assimilationskurven der Kiefer und Fichte am ehesten in einem mangelnden Chlorophyllvorrat suchen, der die volle Ausnutzung der Kohlensäure der Luft nur bei sehr hohen Lichtintensitäten gestattet»; (S. 260): » — der hohe Lichtbedarf der Kiefer und Fichte ist eine Folge von dem relativ niedrigen Chlorophyllgehalt dieser Bäume»; (1923, S. 285): »— — gilt sowohl für die Fichte wie für die Kiefer der einfache Satz: je mehr Licht, desto besser. Bei beiden steigt die Assimilationsintensität mit zunehmender Lichtstärke bis zu vollem Mittagslicht an einem klaren Sommertag. Von Überfluss an Licht kann hier also nicht die Rede sein. Vielmehr scheinen beide Bäume normalerweise unter einem gewissen Lichtmangel zu leiden. — Wenn die Kiefer und Fichte relativ geringe Ansprüche an höhere Lufttemperaturen stellen, so fordern sie also in um so grösserem Umfang Licht. Dies gilt ganz besonders von der Kiefer.»

gennem Kulsyreassimilationen. — Raamaterialet for Stofproduktionen i Skoven er altsaa Luftens Kulsyre, Energikilden Lyset.»[1]

Andrerseits machen die Untersuchungen deutlich, dass die Kohlensäureassimilationsfähigkeit der Kiefer bei Lichtabnahme rasch sinkt und dass die untere Grenze dieser wichtigen Lebensfunktion bei einer relativ hohen Lichtstufe liegt, da das Chlorophyll und die Chlorophyllbildung der Kiefer sich schlecht an schwächere Lichtmengen anpassen. (Vgl. z. B. Wiesner's (1907, seit 1876), Hesselman's (1904, S. 367 ff.), v. Fürst's (1905), Cieslar's (1909), Knuchel's (1914), Schmidt's (1924) Untersuchungen über Lichtgenuss und Lichtgenussminimum der Bäume, sowie auch z. B. Lubimenko's (1905—1908), Boysen Jensen's (1910), Stålfelt's (1921) Untersuchungen z. B. über die quantitative Anpassung des Chlorophylls an die verschiedenen Lichtmengen, über die Beziehungen zwischen Lichtmenge und Länge des Jahrestriebes usw.; siehe auch z. B. Rubner (1920, 1921; 1924, S. 16—27; etc.).)[2][3] —

Unter Berücksichtigung einerseits des relativ grossen Kronenerweiterungs- und Höhenwachstumsvermögens der Kiefer und andrerseits des relativ hochgelegenen Lichtgenussminimums für ihr Bestehen ist es klar, dass sich der Kampf ums Licht für den volldichten Kiefernbestand besonders schwer gestalten muss. Das Ergebnis eines solchen Kampfes ist u. a. relativ schneller negativer Klassenumtrieb, der schon auf relativ hoher Lichtstufe mit dem Tode endet und welcher die Höhenvariationsweite relativ eng und die Grundbaumfrequenz (abgesehen von den ersten

[1] »Gleichwohl wird man geneigt sein, unter den notwendigen Faktoren dem Licht eine Sonderstellung einzuräumen. — — Um so wichtiger ist dann der organische Stoff, der ca. 99 % von der Trockensubstanz des Holzes ausmacht. Dieser organische Stoff stammt bekanntlich aus der Kohlensäure der Luft, die mit Hilfe des Lichtes durch die Kohlensäureassimilation zu organischer Substanz umgebildet wird. Das Rohmaterial der Substanzproduktion im Wald ist also die Kohlensäure der Luft, die Energiequelle das Licht.»

[2] Erwähnt sei, dass die oben dargelegte ziemlich grosse Übereinstimmung hinsichtlich Genuss von grösseren Lichtmengen zwischen Kiefer und Fichte bekanntlich in bezug auf Genuss der kleinstmöglichen Lichtmengen zu einer recht grossen Verschiedenheit wird, — was die grosse Schattengenügsamkeit der Fichte im Gegensatz zur hohen Minimalforderung an Licht von seiten der Kiefer erklärt.

[3] Nach Stebler und Volkart (1905) würde die Beschattung ausser auf die Assimilation auch auf die Transpiration vermindernd einwirken, und zwar in dem Masse, dass die letztere vielleicht noch grössere Bedeutung als die Assimilationsabnahme für die Ernteverminderung haben würde (Untersuchungen mit Kulturpflanzen).

Lebensdezennien) ebenfalls relativ unbedeutend macht, und zwar um so unbedeutender, je älter der Bestand ist. Dabei wird der Abgang aus dem Kronengrund verhältnismässig grösser als der Klassenübergang von der Lichtfläche des Kronendaches, d. h. die Möglichkeit, bei Beschattung und Druck am Leben zu bleiben, wird immer mehr erschwert.[1] — Gerade einen solchen Kampf und eine solche Strukturentwicklung veranschaulicht der steigende Höhenasymmetriekoeffizient beim Steigen des Alters nach den ersten 20—30 Lebensjahren, bzw. die bedeutsame positive Höhenasymmetrie bei höherem Alter.

Die primäre Rolle des Lichtes bei der Gestaltung des Kampfes im Bestandesinnern, der Strukturform, der Auslichtungserscheinung etc. ist teilweise bestritten worden. Als primärste Ursachen für diese Erscheinungen hat man teilweise den Kohlensäuremangel der Luft, bzw. den Kampf um die Kohlensäure, und teilweise den Kampf der Wurzeln um die Nährstoffe etc. des Bodens genannt.

Ohne das Verhältnis dieser Theorien zueinander eingehender erörtern zu wollen, mögen hier nur gewisse diesbezügliche Ansichten, besonders aus den letzten Zeiten vorgeführt werden.

Von Forschern, die sich mit der »Kohlensäuretheorie» befasst haben, seien z. B. erwähnt REINAU (1920), BORNEMANN (1920, 1923) und FISCHER (1921). So erklärt BORNEMANN (1923, S. 706), dass das bedeutende Längenwachstum der Pflanzen und die zarte Struktur bei dichter Stellung nicht aus dem Streben nach Licht und dem Kampf ums Licht herrühren, sondern aus dem erheblichen Kohlensäuremangel im dichten Bestande. Hierauf antwortet SCHMIDT (1923, S. 715) unter Bezug auf EBERMAYER's (z. B. 1885), MITSCHERLICH's (1921), SPIRGATIS' (1923) u. a. Untersuchungen, dass wegen der Vermoderung der Abfälle auf dem Waldboden und der Aktivität der Bodenmikroorganismen in

[1] Ausser den obigen Untersuchungsergebnissen zeigen auch viele andere bekannte Umstände, dass die Kiefer eine relativ hohe Lichtgenussminimumgrenze aufweist. Solche Zeugnisse sind z. B. relativ lichte und dünnflächige Krone, — der Umstand, dass das Kronendach des Kiefernbestandes nach der strengsten Auslichtungsperiode seinen beherrschten Luftraum nicht gut auszufüllen vermag, — dass unter dem Kronendach — abgesehen von den frühesten Lebensjahren — ein beträchtlicher Raum (in älteren Beständen nahezu die Hälfte von dem Luftraumanteil des Bestandes) völlig von den Kronen unbenutzt bleibt, während die Grundbäume gleichzeitig zu Tausenden sterben und abgehen, — ohne dass auch die Kiefernverjüngung diesen Platz ausfüllen und ausnützen könnte, während die schattenvertragende Fichtenverjüngung hier ihr Auskommen findet, — u. a. (Vgl. auch folg. Kapitel.)

der obersten Erdschicht (vgl. auch z. B. Lundegårdh 1921, 1924; Romell 1922; besonders letzterer führt zahlreiche diesbezügliche Untersuchungen an) der Kohlensäuregehalt der Luft im allgemeinen gerade unmittelbar über dem Erdboden am stärksten ist und dass wenigstens die Grundbäume, die dieser Schicht am nächsten sind, nicht eingehen sollten, wie dies doch der Fall ist.[1]

Andrerseits hat man, wie erwähnt, der Wurzelkonkurrenz eine recht wichtige Rolle bei der Bildung der oberirdischen Baumteile zusprechen wollen und hat erklärt, dass die Differenzierung von Stämmen und Kronen in Wirklichkeit vor allem darauf beruhe, wie die Individuen den unterirdischen Kampf bestehen.

So spricht z. B. Borggreve (1891, S. 141 ff.) von der Wurzelkonkurrenz zwischen Mutterbäumen und Verjüngung, — ebenso Fricke (1904), indem er behauptet, dass die Einteilung in »Licht- und Schattenholzarten» keine Berechtigung habe. Beachtenswert ist auch Kraepelin's (1913, S. 14) Ansicht, die er bei Behandlung des Kampfes im Pflanzenverein vorbringt: »— — wobei nach dem Gesagten in erster Linie wohl um genügende Ausbreitung und Arbeitsleistung der unterirdischen Ernährungsorgane, in zweiter um das Licht und um ungehinderte Aufnahme der Luftgase gekämpft wird».[2]

Diese Anschauung, deren sachliche Bedeutung für die Bäume vielleicht eine etwas andere ist als für die anderen Pflanzen, hat Aaltonen ziemlich bestimmt auf Waldbestände angewandt, indem er u. a. sagt (1923, S. 36): »die Durchforstungen in unserem Sinne sind in erster Linie 'Durchforstungen der Wurzeln'.» (Siehe auch z. B. 1919, S. 200—244.)

Ohne hier näher erörtern zu wollen, welchen relativen Wert diese Theorien bei der Entstehung der allgemeinen Form der inneren Be-

[1] Eine andere Sache ist es, dass die kohlensäureassimilierenden Pflanzen freilich im allgemeinen an permanentem Kohlensäuremangel leiden (vgl. z. B. Stålfelt 1923, S. 282 und 1924, S. 183 ff.; Lundegårdh 1924, S. 281). Das Hauptziel der Kohlensäuretheoretiker ist denn auch demgemäss, durch künstliche Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Luft das Wachstum zu erhöhen (die Erdoberfläche wird aufgelockert, die Aktivität der Bodenmikroorganismen erhöht, die Abfälle vermehrt usw., um die Kohlensäureentwicklung zu fördern). Die Aussichtslosigkeit solcher Massnahmen dürften jedoch z. B. die oben erwähnten Mitscherlich, Spirgatis u. a. erwiesen haben (vgl. z. B. Schmidt 1923, S. 538).

[2] Übrigens geht auch aus dem sonstigen Zusammenhang von Kraepelin's Büchlein klar hervor, dass er im Grunde — trotz des zitierten Satzes — dem Lichte die primäre Stellung einräumt, die ihm die Anhänger der Lichttheorie im allgemeinen zuweisen (vgl. z. B. S. 17, 22—26).

standesstruktur haben können, muss Verf. nur nochmals auf Grund seiner eigenen Untersuchungsresultate hervorheben, dass wenigstens er selbst die Hauptgestaltung dieser Struktur (also gewisse Frequenzverhältniszahlen, positive Höhenasymmetrie u. a. ä. Merkmale) in erster Linie nicht anders als durch die Lichttheorie erklären kann. Ausser den obenerwähnten schwerwiegenden Gründen für die Lichttheorie ist nämlich gerade im Zusammenhang mit den genannten Theorien zu betonen, dass der *allgemeine* Charakter der inneren Bestandesstruktur bei allen hier untersuchten Waldtypen *derselbe* ist, obgleich z. B. der Nährstoffreichtum dieser recht verschieden ist. Vgl. auch folg. Kap.

In erster Linie wäre die Konkurrenz um den »Wuchsraum» also — wenigstens was die Kiefer betrifft — ein Kampf ums Licht, d. h. um »Lichtraum», und erst in zweiter Linie um Ernährungsraum im übrigen, oder auch um physischen Raum. Der Mangel an physischem Raum, d. h. an direktem Standraum, scheint auch nicht, wenigstens nicht im grössten Teile der Lebenszeit des Bestandes, wirklich bedeutungsvoll zu sein. Nur während der lebhaftesten Auslichtung kann auch der Kiefernbestand so dicht sein, dass darin tatsächlich Raummangel herrscht, — aber von dem Zeitpunkt an, wo die Schiefe der Höhenverteilung positiv wird, kann keine Rede mehr von Raummangel in der eigentlichen Bedeutung des Wortes sein. Der sog. »Kronenzusammenhang» ist später nur noch eine Reminiszenz von dem, was er einst in früherem wirklichem Dichtschluss gewesen ist, und je älter der Kiefernbestand wird, um so lückiger wird er und um so mehr rücken die Kronen auseinander, wobei er schliesslich völlig voneinander isolierte Individuen aufweist.

Damit ist jedoch nicht gesagt, dass nicht auch die Wurzelkonkurrenz, besonders was nährstoffarme, bzw. trockene Standorte anbelangt, seinerseits ein bedeutungsvoller Faktor bei dieser »Raumkonkurrenz» ist. Im Gegenteil ist es natürlich, dass die ober- und unterirdischen Teile des Baumes in einer Art Harmonie miteinander stehen, sowie dass die Wurzelkonkurrenz in ihrer Weise den harten Existenzkampf des oberirdischen Teiles fördert oder erschwert.

Besonders wenn man gewissen Gradationen seine Aufmerksamkeit zuwendet, die die einzelnen Waldtypen im Vergleich zueinander zeigen, z. B. im Hinblick auf die Wachstumszeit, die zur Entwicklung der Bestände bis zu annähernd gleichen Stufen (gleichgrosse Stammzahlen, Volumina usw.; vgl. schon z. B. FAUSTMANN 1855) der verschiedenen Waldtypen benötigt wird, oder im Hinblick auf die Dimensions-

unterschiede etc., die der Bestand auf den verschiedenen Waldtypen in demselben Alter zeigt, so ist es offenbar, dass diese Wachstumsunterschiede auf den verschiedenen Möglichkeiten der einzelnen Waldtypen beruhen, verschiedene Lebensanforderungen der Bäume zu befriedigen, und dass dann gerade die unterirdischen Teile des Baumes eine Rolle spielen, die sowohl in der Gesamtentwicklung des Bestandes wie auch für das Schicksal einzelner Bäume in dieser Entwicklung von entscheidender Bedeutung ist.

* * *

Unter dem in der mathematisch-statistischen Reihenberechnung auftretenden Mittelwertscharakteristikum wurde, wie aus der Darstellung hervorging, das mit der Variantenzahl gewogene arithmetische Mittel M_1 verstanden. — Die in Fig. 12 veranschaulichte mittlere Bestandeshöhe betrifft gerade dieses Mittel — H_1.

Wie bekannt, kann es für die Entscheidung über den sog. Bestandesmittelstamm angebracht sein, die mittlere Höhe auch durch andere Mittelwertberechnungen zu bestimmen. So wurde auch hier verfahren. Die berechneten verschiedenen mittleren Bestandeshöhen werden jedoch erst in einer Spezialuntersuchung über den Bestandesmittelstamm näherer Prüfung unterworfen; hier werden nur einige zahlenmässige Vergleiche hinsichtlich derselben vorgebracht. Diese mittleren Werte sind in der Form einer graphischen Differenzdarstellung im Vergleich zu dem in Fig. 12 vorgeführten, mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Höhenmittel H_1 wiedergegeben. Fig. 14. Die in dieser Tafel veranschaulichten Höhenmittel sind:
das mit der Stammzahl gewogene quadratische (Kunze 1883, S. 5; 1891, S. 22; siehe auch hier, S. 100 Fussnote 2)

$$H_2 = \sqrt{\frac{\Sigma H^2 N}{\Sigma N}},$$

das mit der Grundfläche gewogene arithmetische (v. Lorey 1878)

$$H_{G_1} = \frac{\Sigma HG}{\Sigma G},$$

das mit der Grundfläche gewogene harmonische

$$H_{G_h} = \frac{\Sigma G}{\Sigma \frac{G}{H}},$$

das mit dem Volumen gewogene arithmetische (SPEIDEL 1893, S. 95; vgl. auch GRUNDNER 1904, S. 13)

$$H_{V_1} = \frac{\Sigma HV}{\Sigma V},$$

das mit dem Volumen gewogene harmonische (v. LOREY 1878)

$$H_{V_h} = \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{H}} \cdot {}^{1)\,2)}$$

Ferner ist die Differenz zwischen dem Obermittel (H_o) und dem Bestandesmittel (H_1) in dieser Abbildung vorgeführt.

Vergleicht man demgemäss die erhaltenen Differenzen z. B. zwischen den Oberhöhenwerten (H_o) und den mit den Grundflächen gewogenen arithmetischen Mittelwerten (H_{G_1}) des Bestandes — ($\Delta_{H_o - H_{G_1}}$) — mit

[1] Hier entsprechen die H-Werte des rechten Gliedes der Gleichungen den Mittelhöhen der Etagen, die N-Werte den Stammzahlen der Etagen, die G-Werte den entsprechenden Grundflächen und die V-Werte den entsprechenden Volumina.

Da die Etagenbeträge von Stammzahl, Grundfläche und Volumen auch mit den prozentualen Anteilszahlen vom Gesamtbetrag des Bestandes ausgeglichen wurden (vgl. Fig. 5, 47 u. 58), war es das Einfachste, auch bei dieser Berechnung prozentuale Gewichtszahlen zu verwenden, woraus also folgte, dass sich die Formeln für das arithmetische und das harmonische Mittel in folgender Weise veränderten:

$$M_1 = \frac{\Sigma xP}{100},$$

$$M_h = \frac{100}{\Sigma \frac{P}{x}},$$

wo x die beobachteten Etagenhöhenmittel und P die ihnen entsprechenden prozentualen Gewichtszahlen darstellen. Das quadratische Mittel seinerseits wurde durch die Hilfsformel (S. 100) berechnet

$$M_2 = \sqrt{M_1^2 + \sigma^2}.$$

[2] Weil oben in der mathematisch-statistischen Behandlung des Materials die Gewichtszahl dauernd die Stammzahl gewesen ist und somit das dieser entsprechende Gewichtszeichen N bei der Mittelwertbezeichnung nicht verwendet zu werden brauchte, ist auch hier das Zeichen des Stammzahlengewichts nicht in Anwendung gekommen.

Was übrigens die Eigenschaften und gegenseitigen Beziehungen der hier vorgeführten statistischen Mittel prinzipiell betrifft, so siehe hierüber näher z. B. MESSEDAGLIA (1880), BLASCHKE (1906, S. 71 ff.), ŽIŽEK (1908, S. 159 ff.). — Was noch speziell die mit der Grundfläche gewogenen Mittel anbelangt, so siehe hierüber näher S. 204 ff.

den entsprechenden, z. B. von Schwappach (1889, S. 19) und Weise (1896 a, S. 7) erhaltenen Werten für die Kiefer, so kommt man natürlich zu demselben Ergebnis wie dem S. 176 erwähnten, nämlich dass diese Differenzen in unberührten Naturbeständen bedeutend grösser sind als in gepflegten Beständen. Schwappach und Weise haben als Differenzen in älteren Beständen, der erstere nur ca. $^1/_2$—1 m und der letztere ca. 1 m gefunden, während Verf. eine Differenz von rund $1^1/_2$ —2 m erhalten hat.

Die Differenzen H_{G_1}—H_1 sind beim Verf. ca. 1—$1\,^3/_4$ m, entsprechend dem Waldtyp und der Altersstufe nach dem Jugendalter. $\Delta\ _{H_2-H_1}$ beträgt dagegen nur ca. 2—3 Dezimeter, auf dieselbe Weise beurteilt. Usw.

Die Krone.

Von den S. 96—97 und 103—105 dargelegten Kronenuntersuchungen und der näheren Behandlung des bei diesen Untersuchungen gewonnenen Materials sowie von den Ergebnissen, zu denen diese Behandlung führte, sei hier Folgendes angeführt.

Wie natürlich, konnten die Kronendimensionen ebensowenig wie die Stammhöhe durchgehend gemessen werden, sondern es hiess sich vor allem mit den Probebäumen begnügen, die als Durchschnittsbäume gefällt wurden und bei denen die Untersuchung mit befriedigender Genauigkeit und Vielseitigkeit vorgenommen werden konnte. Die Zahl der untersuchten Probebäume betrug wie erwähnt 354. An diesen wurden insgesamt 3330 Kronenmessungen vorgenommen, die gebucht und in 336 Diagrammen ausgeglichen wurden.[1]

Wie bemerkt, war es nicht möglich, die den erwähnten Messungen entsprechenden umfangreichen Zahlenlisten und zahlreichen graphischen Ausgleichungstafeln zu veröffentlichen. Vielleicht wäre dies auch nicht

[1] In der Krone des a-Baumes wurden 5 Dimensionen gemessen, nämlich: Kronenhöhe, mittlere Entfernung des grössten Radius der vier Kronenhälften von der Spitze, Mittel der grössten Radiussummen der Kronenschnitte, Durchmesser in der Mitte des unteren Kronenteils, Durchmesser in der Mitte des oberen Kronenteils. In der Krone des b-Baumes wurden 14 Bestimmungen gemacht, weil beide Vertikalschnitte für sich zu untersuchen waren, sowie bei dem »ersten« Schnitt noch für sich die freie und abgenutzte Kronenhälfte; die Untersuchungen waren im übrigen dieselben wie beim a-Baum (die Höhe war in zwei Fällen gemeinsam, worauf also die Anzahl 14 der Bestimmungen beruhte). An der Krone des c-Baumes wurden somit entsprechend 9 Messungen vorgenommen.

nötig gewesen. Ein hinreichend anschauliches Bild hiervon dürften nämlich schon die graphischen Darstellungen bieten, die jetzt vorgeführt werden sollen. Diese bringen freilich nicht im entferntesten alle Resultate zur Darstellung, aber für diesmal dürfte die Analyse nur der wichtigsten Punkte genügen. — Fig. 20—26.

Fig. 20—22 geben schematisch alle charakteristischeren Dimensionen der Kronen wieder. Die eingezeichneten Altersstufen von 10, 40 und 150 J. gestatten uns, die Entwicklung der Krone während des wichtigsten Teils der Lebenszeit des Bestandes zu verfolgen. Diese Darstellungsform ist vielleicht anschaulicher als die gesonderte Darstellung aller verschiedenen Massverhältnisse. Sie ermöglicht es, auch eine grosse Anzahl Spezialdiagramme wegzulassen, durch die dieses Totalbild entstanden ist.

Aus diesen Figurenreihen ersieht man u. a., was für ein biologisches »Beherrschungs»-Verhältnis zwischen den Etagen durchschnittlich besteht, nach der Auffassung gemessen und berechnet, die sich Verf. bei seiner Arbeit zu eigen gemacht hat. Ebenso spiegelt die Paralleldarstellung der Baumklassen deren durchschnittliche gegenseitige Beziehungen wider. Untereinander verglichen geben diese drei Tafeln gleichzeitig darüber Auskunft, auf welche Weise sich die verschiedenen Waldtypen hinsichtlich des Kronencharakteristikums voneinander unterscheiden.

Die b- und c-Kronen sind durch zwei senkrechte Schnitte dargestellt. Der Schnitt in der Richtung des gemessenen Brusthöhendurchmessers ist durch eine ausgezogene Linie angegeben, die darauf senkrechte Projektion durch eine gestrichelte. Der erste Schnitt der b-Krone zeigt somit verschieden grosse Hälften. Die a-Krone ist nahezu als symmetrisch zu betrachten. Der schwache positive Grössenunterschied, den die Krone für die Sonnenseite zeigt, ist bei diesem Schema nicht berücksichtigt. Den c-Baum vertritt Form α.

Die grösste Breite der Krone bzw. Kronenhälfte gibt die Wagrechte wieder, und deren Lage die Lage der betreffenden Wagrechten. Die relative Höhe der Maximalbreite von der ganzen Kronenhöhe ist nicht durch ein Spezialdiagramm verdeutlicht, obwohl sie freilich berechnet ist. Für die vorliegende Darstellung dürfte sie nicht von grossem Interesse sein.

Interessanter dürfte das Verhältnis der grössten Breite und Höhe der Krone sein. Um die Zahl der graphischen Darstellungen nicht allzusehr anschwellen zu lassen, wurden auch für dieses Verhältnis keine

besonderen Abbildungen gegeben, sondern es wird auf die Übersichtsfiguren verwiesen, die hierüber genügend orientieren.

Man bemerkt, dass das erwähnte Verhältnis im allgemeinen wächst, je weiter man in den Etagen herabsteigt, wobei besonders der C-Typ beim a-Baume der Grundschicht eine nahezu kugelförmige Krone zeigt. Dies wird vom »Druck» der oberen Etagen bewirkt.

Aus der Figur geht auch hervor, wie der b-Baum sich auf der einen Seite abnutzt, und wie kräftig er dagegen die andere Hälfte entwickelt. Der nahezu symmetrische zweite Schnitt rückt unter diesen Umständen mit seiner breitesten Stelle einigermassen nach rechts vom Stamme, so dass die Projektion im Grunde kein durch den Stamm verlaufender Niveauschnitt ist, sondern eine Vertikalprojektion einer Kurvenfläche, die von einer die schematisch breiteste Stelle suchenden, mit sich selbst parallel verlaufenden Geraden gebildet wird.

Ebenso wird die Abflachung der Form « des c-Baumes aus dieser Figur deutlich sichtbar. Je weiter nach unten man jedoch im Kronendache kommt, um so kräftiger wird der Druck von oben im Vergleich zu dem Seitendruck und um so weniger bemerkbar die Abflachung.

Die in alten Kiefernbeständen zu beobachtende Rundung der Kronen auch in den oberen Etagen ist in dem jetzt untersuchten Material noch nicht erwähnenswert beobachtet worden. In den ältesten Probebeständen des M- und des V-Typs war das Höhenwachstum freilich nicht mehr gross, doch dauerte es noch soweit fort, dass die Krone etwas spitzig war. Vom Boden aus wirkte jedoch die Krone, wenn man den Baum aus der Nähe betrachtete, in diesen Beständen abgerundet. —

Die einzige Spezialdarstellung aus der Übersichtsfigur, die als besonders geboten angesehen wurde, ist die der absoluten Höhe des astreinen Stammteils (*L*). Fig. 23.[1]

Aus dieser Figur ersieht man, wie teilweise auch aus den vorigen Darstellungen, dass die Äste ziemlich bis auf den Boden bis zum fünften Jahre am Leben bleiben, dass sie danach anfangen, Astquirl nach Astquirl zu vertrocknen, dass der reine Stammteil dann schnell zunimmt, indem er von Jahr zu Jahr bis über das 100. Lebensjahr rasch an Länge wächst und erst danach eine geringere Zunahme erkennen lässt, indem er sich vom 130. Jahre ab nur noch sehr wenig verlängert und praktisch betrachtet um das 150. J. herum, abgesehen vom C-Typ, seinen absoluten Höchstbetrag erreicht. — Die Art des Klassenumtriebs und der

[1] Der »astreine» Stammteil ist in der Fussnote 2 S. 103 definiert.

Stammzahlenabnahme wirken auf die Grössenwerte der mittleren astreinen Stammteile der Baumklassen entsprechend in gleicher Weise wie auf die mittleren Stammhöhen. Vgl. S. 175—176.

Der Umstand, dass der reine Stammteil in höherem Alter nahezu konstant bleibt, rührt seinerseits daher, dass dann auch das Höhenwachstum nahezu aufhört, dass die Stammzahlenabnahme nunmehr sehr gering ist, sowie dass die unteren Äste der Bäume schon in dem Masse erstarkt sind, dass sie nicht mehr so leicht vertrocknen und abfallen. Die Bäume sind ferner dann schon so weit voneinander getrennt, dass auch Lichtmangel den unteren Ästen nicht mehr besonders schaden kann und auch die Nachbarn einander nicht mehr im Winde hochgradiger abnutzen und reinigen.[1]

Ferner hat das Material gezeigt, dass die a- und b-Bäume der einzelnen Etagen durchschnittlich einander recht nahestehende *L*-Werte zeigen. Die c-Bäume dagegen sind weiter oben gereinigt, und was insbesondere die γ-Form anbelangt, hat diese nur noch eine kleine Wipfelquaste.

Der prozentuale Anteil des astreinen Stammteils an der gesamten Stammlänge ist hier ebenfalls berechnet. Da die Variation dieses Charakteristikums zwischen den Mittelwerten der einzelnen Baumklassen sich als relativ eng erwiesen hat, erschien es überflüssig, hierfür eine entsprechende graphische Darstellung zu geben. Dagegen seien die Grenzwerte genannt, zwischen denen sich diese Prozentzahlen in dem Alter rangieren, in welchem sie nahezu fest werden. Dies geschieht bei dem M- und dem V-Typ am nächsten um das 50. Jahr herum und beim C-Typ erst nach dem 100. Jahre. Im Rahmen des hier untersuchten Altersintervalls sinkt der Prozentbetrag etwas in den letzten Jahrzehnten des M- und des V-Typs, da der Stammhöhenzuwachs dann relativ etwas grösser ist als die Zunahme des *L*-Betrages. — Den höchsten mittleren Teilwert zeigt Baumklasse 4 c und den niedrigsten 1 b und 1 a (unter 10 Jahren ist das Verhältnis nahezu umgekehrt). Die diesen Klassen entsprechenden astreinen Stammteile sind aus Tab. XIII ersichtlich.[2]

[1] Bei gewissen Durchforstungen wird bekanntlich absichtlich eine ganz bestimmte absolute astreine Stammteilhöhe entwickelt. So betrachten z. B. die Dänen in ihren Buchenwäldern 15 m als eine derartige Höhe. (Vgl. z. B. METZGER 1899, Tafel I.)

[2] Die am höchsten (sowohl absolut wie relativ) gereinigten Stamm individuen zeigt jedoch die Oberschicht. Diese Stämme gehören zu den 1 c_γ- und 1 c_δ-Bäumen. Vgl. die unten folgende Darstellung. —

PETRINI (1921, S. 188) meint, dass einigermassen kleinere Stämme als der Mittelstamm durchschnittlich relativ am höchsten gereinigt sind (norrländischer gleichaltriger Kiefernbestand). Dies steht also nicht im Einklang mit den Untersuchungsergebnissen des Verf.

Tabelle XIII. Prozentualer höchster Mittelwertbetrag des astreinen Stammteils von der gesamten Stammhöhe. Grenzwerte 4 c sowie 1 b und 1 a. Alter ca. 50 bzw. 100 + Jahre.

Baumklasse	Waldtyp		
	M T	V T	C T
	Prozente		
4 c	79	82	79
1 b, a	67	70	67

Es lag kein besonderer Anlass vor, eine Mittelwertberechnung der Etagen und des Bestandes für den astreinen Stammteil auszuführen. Eine solche Berechnung könnte auch nicht geschehen, ohne dass die c-Klasse hinsichtlich aller ihrer Varianten charakterisiert würde. Hier ist, wie schon oft erwähnt, nur die α-Form näher untersucht worden.

Zwischen den verschiedenen Waldtypen scheint in der Teilhöhe des astreinen Stammteils kein bedeutsamerer Unterschied zu bestehen. Da sich die Stammhöhenvariationen in Beständen verschiedener Waldtypen dagegen recht bedeutend von einander unterscheiden, verhalten sich die Kronendächer der einzelnen Etagen in den verschiedenen Waldtypen nicht in gleicher Weise zueinander. Wie Fig. 20—22 zeigen, erstrecken sich so z. B. die Spitzen der Grundbäume des M-Typs durchschnittlich noch über den durchschnittlichen Kronenansatz der Oberbäume, während die durchschnittlichen Grundbaumspitzen des C-Typs nicht einmal immer bis zu dem mittleren Kronenansatz der mitherrschenden Bäume hinaufreichen. Es lässt sich somit kein gemeinsames Schema für die einzelnen Waldtypen, ebensowenig hinsichtlich der Kronenhöhenverhältnisse wie hinsichtlich der Stammhöhenverhältnisse zwischen den verschiedenen Etagen aufstellen (vgl. S. 173—174).

Die erhaltene hohe Verhältniszahl des astreinen Stammteils hinsichtlich der Gesamthöhe des Stammes (durchschnittlich $^2/_3$—$^4/_5$) steht, verglichen mit den im allgemeinen entsprechend niedrigeren Verhältniswerten der Fichte, im Einklang mit dem z. B. von Stålfelt (1921, S. 263—267) erhaltenen Untersuchungsergebnis, dass die Nadeln der Kiefer im vollen Licht im allgemeinen assimilationsfähiger sind als die der Fichte, sich aber andrerseits schwächeren Lichteffekten nicht ebensogut wie die der Fichte anpassen können. Die Kiefer reinigt sich und kann sich auch mehr als die Fichte reinigen, ohne entsprechend darunter zu

leiden. Diese Eigenschaft der Kiefer erklärt somit auch die zähe Lebenskraft jener schlankstämmigen Quastenwipfel — *cγ* —, wenn nur die Voraussetzungen zu erforderlich kräftiger Assimilationstätigkeit gegeben sind. Diese Forderungen erfüllt am besten die Oberschicht mit ihrer freien Lichtzufuhr, und deshalb kann der Stamm sich hier relativ höher reinigen als in den anderen Etagen. Vgl. die vorige Fussnote.

Von sonstigen Untersuchungen über Kronenbildung und -variation sei z. B. erwähnt die von WEISE (1887; 1889, S. 143). WEISE hat für die Kiefer durchschnittlich etwas über $^2/_3$ astreinen Stammteil von der ganzen Stammhöhe gefunden. — Eine ziemlich umfangreiche Stammreinigungsuntersuchung haben BÜHLER und FLURY (1892) angestellt, aber diese befasst sich verhältnismässig wenig mit der Kiefer. Bei seinen Durchforstungsuntersuchungen kommt FLURY auf die Sache zurück (1903), indem er die Krone auf Grund vielfältiger Messungen (S. 210—223) behandelt und davon u. a. schematische Vertikalprojektionen bietet (Tafel VII). Die Untersuchung berührt jedoch nicht die Kiefer. — Wie S. 146 Fussnote erwähnt wurde, verwendet KÖHLER (1919) das Verhältnis zwischen grösster Kronenbreite und gesamter Stammhöhe als Dichtigkeitscharakteristikum des Bestandes. Für die Fichte hat er als bestimmende Normalverhältniszahl 1 : 6 (bis 1 : 5) erhalten (S. 21 ff.), ca. $^2/_3$ astreinem Stammteil von der Gesamthöhe des Stammes entsprechend. Wie aus Fig. 20—22 des Verf. ersichtlich, bewegt sich die erwähnte Breiten-Höhenverhältniszahl auch für die Kiefer im grossen ganzen zwischen den erwähnten Brüchen. In anderen Fällen ist das Verhältnis jedoch kleiner, indem es bei den *cγ*-Bäumen auch nur 1 : 10 beträgt. — Merkliche Differenzen scheinen hier nicht zwischen den verschiedenen Etagen, ebensowenig wie zwischen den verschiedenen Waldtypen zu bestehen.[1]

Die von AALTONEN (1919, S. 158—160) festgestellten astreinen Stammteile in den Kiefernbeständen Finnisch-Lapplands (die Bestände sind gewöhnlich recht ungleichmässig und auch ungleichaltrig) zeigen natürlich bedeutend geringere Prozentanteile von der gesamten Stammhöhe als die Zahlen des Verf. über die Normalkiefernbestände der südlichen Hälfte Finnlands. So zeigt z. B. die Mode eines solchen Bestandes von 100—500-jährigem Wald 35 % astreinen Stammanteil, somit eine etwa relativ doppelt so hohe Krone als das Material des Verf. Eine andere Altersformation einigermassen jüngeren Waldes zeigte die

[1] Vgl. die unten folgenden Ausführungen über die Kronenbodenprojektion.

Mode bei nur 25 % Höhe. (Fig. 49.) — Zu etwas höheren Zahlenwerten ist LAKARI (1920 b, S. 16) in den Kiefernbeständen Nordfinnlands gekommen, aber diese sind doch im allgemeinen niedriger als die des Verf. Höhere Zahlenwerte zeigt LAKARI's »Schweifkiefer» (durchschnittlich ca. 50—60 %) und natürlich die »quastenwipfelige» Kiefer (ca. 70—80 %); eine lange Krone weist selbstverständlich seine »langwipfelige» Kiefer auf (durchschnittlich ca. 20—30 % astreiner Stammteil). — Wie noch aus Fig. 20—22 des Verf. ersichtlich wird, ist auch die relative Höhe der breitesten Kronenstelle im Material des Verf. durchschnittlich etwas grösser als dieselbe Höhe in LAKARI's Material (S. 17). —

Das Verhältnis zwischen Kronen- und Stammform war im Laufe der Zeiten Gegenstand lebhafter Spekulation und Forschungstätigkeit. Auf diese Frage soll vorübergehend nochmals bei der Stammvolumuntersuchung zurückgekommen werden.

Die Bodenprojektion des Kronendaches kann annähernd aus zwei aufeinander senkrechten ausgeglichenen Kronenmaximumbreiten bestimmt werden.

Da die c-Klasse in dieser Untersuchung von der α-Form vertreten wurde, war zu vermuten, dass die Bodenprojektion dieser Klasse etwas zu gross ausfallen würde. Ebenso konnte man auch bei der Probebaumauswahl der übrigen Klassen — da möglichst grosse Typenausprägung erstrebt wurde, — erwarten, dass für die Probebäume sich Kronen ergeben würden, die eher den mittleren Betrag überschreiten als darunter bleiben. Ausserdem tauchen die Kronen in gewissem Masse ineinander und decken sich teilweise (in jüngerem Alter)[1], was natürlich ebenfalls geeignet ist, die effektive Bodenprojektion des Kronendaches im Vergleich zu dem aus den Probebäumen errechneten theoretischen Kronendach zu vermindern.

Damit ein derartiger erwarteter systematischer Fehler ermittelt und auch korrigiert werde, legte Verf. — wie S. 96—97 schon erwähnt wurde, — von jedem Teile einer jeden Probefläche eine Kronenkarte an, in der die Kronenbodenprojektionen aller auf diesem Teile wachsenden Bäume eingezeichnet wurden (eine solche Karte gibt Fig. 24). Die Flächen der Kronenprojektionen der so erhaltenen Karten wurden berechnet

[1] BØHMER (1922, S. 25) spricht demgemäss von sog. »unreduzierter» und »reduzierter» Kronenprojektion.

und die Ergebnisse mit den Projektionsbeträgen verglichen, die die Probebaumberechnung geliefert hatte.

Es zeigte sich da, dass die Kronen im jüngeren Alter sich teilweise beachtlich ineinander tauchen und einander decken, sowie dass wahrscheinlich bei der Auswahl der Probebäume eine kleine Übergrösserung hinsichtlich der Krone geschehen war. Die in Fig. 20—22 dargestellten Kronenbreiten wären so auch etwas zu hoch. — Die von der Kontrollrechnung erwiesene Korrektur wurde im Probebaumkronenmaterial vorgenommen, und als Ergebnis wird von der Gesamtbodenprojektion des Kronendaches Fig. 25 gegeben.

Bei dieser Berechnung ist angenommen, dass die Krone die Fläche bedeckt, die die äussersten Astspitzen einrahmen. Speziell in den Jungbeständen sind jedoch die Kronen nicht so regelmässig und dicht, dass eine derartige Annahme völlig berechtigt wäre, und ebenso zeigen die Bäume auch in höherem Alter bedeutende Unvollkommenheiten hinsichtlich der Deckung. In der Tat ist das erhaltene Ergebnis an sich als etwas übertrieben anzusehen. In diesem Zusammenhang konnten jedoch die ausgedehnten Untersuchungen, die eine solche Korrektur voraussetzt, nicht vorgenommen werden.

Neben der Gesamt-Bodenprojektionsbestimmung wurden die Bodenprojektionen sowohl der einzelnen Etagen als auch der Baumklassen für sich untersucht, wie auch aus den Kronenkarten geschätzt, wieviel Kronen ineinander tauchen oder einander decken.

Ebenso wurde nach der Stammzahl die mittlere Standfläche pro Baum und die mittlere Fläche der effektiven Bodenprojektion pro Krone berechnet. Desgleichen wurde versucht, annähernde Kronenvolumbestimmungen nach den Kronenvertikalprojektionen wie auch eine Mittelwertberechnung des Kronendach-Luftvolumens (Raum) pro Baum vorzunehmen. Sogar Kronen-Mantelflächen-, d. h. am nächsten »Lichtflächen»-Grössenbestimmungen wurden vorbereitend angestellt.

Weiterhin wurde die Grösse des Stamm-(Helio-)tropismus in älteren Beständen einigermassen untersucht (Richtung und Länge der Pfeile in Fig. 24 zeigen Richtung und Betrag des Abrückens der Kronen voneinander an).[1] Im Zusammenhang hiermit wurden Beobachtungen über die Grösse des »Isolierungszwischenraums» angestellt, durch den die Kronen in höherem Alter voneinander getrennt sind (vgl. Fig. 24), ebenso darüber, in welchem Masse die Bäume im Winde schwanken und einan-

[1] Vgl. z. B. ENGLER (1918, 1924).

der berühren, weiter über die Richtung der Krone hinsichtlich der Himmelsrichtung (Fig. 26).[1]

Die Kronenuntersuchung hat somit Anlass zur Untersuchung von mancherlei bedeutsamen Einzelheiten gegeben. Die genannten Untersuchungsgegenstände sind nun jedoch von so weitem Inhalt oder sie stehen in so nahem Zusammenhang mit den Wachstumsdifferenzierungen des Stammes, dass es angebracht erschien, diese Dinge späterer Erörterung zu überlassen. Hier mögen nur einige ganz allgemeine Bemerkungen über ihren Charakter folgen.

Die Bodenprojektionsgesamtfläche des Kronendaches steigt in den zwei bis drei ersten Jahrzehnten schnell und erreicht ihr Maximum zur gleichen Zeit, wo der Oberbaumstammzahlenanteil an der Gesamtstammzahl am niedrigsten ist. Dies zeigt, dass der Kampf um die Herrschaft in diesem Alter im Bestande, als Gesamtheit betrachtet, am erbittertsten ist. Ungefähr zu dieser Zeit bemerkt man im Bestande die seinerzeit von v. Cotta charakterisierte Wachstumshemmung (z. B. 1817, S. 42 ff.; 1856, S. 82 ff.: »Wachsthum im Stocken«) in grösserem Masse. Vgl. Fig. 5 u. 25.[2]

Um diese Zeit tauchen die Kronen ineinander und bedecken sich am meisten. Man sollte da wegen dieser Erscheinungen sogar vollständige Bodenbedeckung erwarten, aber in der gegenseitigen Stellung der Bäume scheint doch eine so grosse Unregelmässigkeit zu herrschen, dass eine solche theoretische Annahme von vollständigem Kronenzusammenhang nicht einmal auf einem relativ kleinen Areal verwirklicht wird. Die Ursachen hierzu sind oben in verschiedenem Zusammenhang erörtert worden.

Das Dichtigkeitsmaximum ist nicht von langer Dauer. Der Kronenzusammenhang wird bald gestört, und die Kronendachlichtung hält längere Zeit mit relativ grosser Intensität an, bis der Bestand relativ reichliche Kronenisolierung aufweist; die Kronen bedecken dann auch sich gegenseitig nicht mehr in nennenswerter Weise, und wo dies doch noch mit den Kronenrändern geschieht, ist die Höhendifferenz dieser Ränder bedeutend (vgl. Fig. 24). Ungefähr nach dem hundertsten Le-

[1] Was den oben berührten »Isolierungszwischenraum« anbelangt, ist wenigstens als dessen hauptsächlichste Ursache einerseits das Streben nach freier Lichtstellung und andrerseits die mechanische gegenseitige Abnutzung der Kronen infolge des Windes anzusehen. (Vgl. z. B. Weise 1887; 1889, S. 141.) Wie erwähnt, spielt natürlich auch die Wurzelkonkurrenz eine Rolle bei dieser Erscheinung.

[2] Vgl. die in allen Altersstufen auftretende lokale Wachstumsstockung in den Gruppen S. 167—168. Vgl. ebenso S. 160—161.

bensjahre nimmt die gegenseitige Kronenabrückung ab (beim C-Typ erst einige Jahrzehnte später), wonach eine Art Gleichgewichtszustand erreicht wird, der eine knapp die Hälfte der Fläche bedeckende Kronenstellung bedeutet.

Der Umstand, dass der Kiefernbestand in einer Periode so überaus dicht sein kann, wie es die Kronenmaximumprojektion erweist, dürfte daraus zu erklären sein, dass die Erreichung dieses Maximums zunächst während des besten Stammhöhen- und Astlängenwachstums des Bestandes geschieht, wo das Baumindividuum durchschnittlich seine grösste Lebenskraft besitzt und den Faktoren am besten widerstehen kann, die die Bestandesauslichtung fördern, — und zweitens daraus, dass das Maximum im Vergleich zur langen Lebenszeit des Bestandes in so ausserordentlich kurzer Zeit erreicht wird, dass die Auslichtungserscheinung nicht genügend Zeit hat, in demselben Massstab einzugreifen, wie das Wachstum und die Entwicklung der Bäume in ihrer Gesamtheit vorwärtsschreiten. Erst wenn die Zeit der besten Jugendkraft vorüber ist, trägt die Auslichtung den Sieg über die Kronenerweiterung davon, indem die Entwicklung mit einer Verminderung der Kronenbodenprojektion und dem erörterten, anfangs gewaltigen Sinken dieses Projektionsmasses abschliesst.

Der Entwicklungsgang der Kronendachbodenprojektion ist ein Ergebnis des Kampfes, der zwischen den Individuen teils um das Licht im Kronendach des Bestandes, teils in der Wurzelschicht um die Bodengüter, sowie, besonders in jüngerem Alter, direkt um den physischen Raum stattfindet. Die gegenseitige mehr oder weniger unregelmässige Stellung der Bäume, die sich sowohl aus der Zufälligkeit der Stellung bei der Entstehung wie aus der Unmöglichkeit ergibt, die (von der fortschreitenden Baumentwicklung herrührende besondere) Zwischenraumgestaltung auf andere Weise als durch gegenseitige Vernichtung der Bäume (also nicht durch Individuenverschiebungen und auch nicht, wenigstens auf einer etwas entwickelteren Stufe, durch Neuentstehen von Individuen) zu regeln, wie auch viele andere Faktoren, — wirken insofern auf den Entwicklungsgang des Kronendaches ein, dass dieser beim Naturbestand die theoretisch, bzw. biologisch höchstmögliche Dichteneffektivität nur in ganz kleinen Baumgruppen, bald hier, bald da im Bestande erreichen kann.[1]

[1] Will man mit Hilfe von Durchforstungen das Kronendach des Bestandes, bzw. die Entfernungen zwischen den Bäumen regeln, so ist experimentell festzustellen, welche Kronen-, Stamm- und Entfernungsverhältnisse in jeder Altersstufe zu den

Das Kronendach bildet in der Tat eine einheitliche Gesamtheit, die sachlich nicht in verschiedene »Kronenschichten» geteilt werden kann. Auch der Umstand, dass die Kronen in höherem Alter nicht untereinander gedeihen, ist gewissermassen ein Zeichen dafür, dass der Kiefernbestand hinsichtlich der Kronen eine Gesamtheit ist, die nicht »geschichtet» werden kann (vgl. S. 43). Dies geht auch aus der Kronenkarte hervor, die hier beigefügt ist (Fig. 24), welche aber einen Fall darstellt, bei dem die Dichte so vollkommen ist, als sie überhaupt ein Kiefernbestand in diesem Alter und bei diesem Typ erreichen kann.

Durch die verschiedenen Kronenzeichen in der Karte sollte u. a. die typisch ungleichmässige, fleckenweise Verteilung der biologischen Baumklassen veranschaulicht werden.

Man sieht hier also ein Beispiel der lokalen Wachtumsstockung, von der S. 167—168 die Rede war, — also u. a. Baumgruppen, bei denen sich überhaupt keine Oberbäume finden; eine Mahnung zu zielbewussten und frühen Durchforstungen. Andrerseits geht aus der Karte hervor, wie gross die Anzahl der Oberbäume in ihrer Gesamtheit tatsächlich

vorteilhaftesten Ergebnissen führen, unter nächster Berücksichtigung der Reifezeit (wobei die verschiedenen Waldtypen, Holzarten, wirtschaftlichen Verhältnisse usw. zu beachten sind). Hat man darüber ungefähr Klarheit gewonnen, so sind Normaldurchforstungsschemata aufzustellen, die gleichzeitig die biologische und wirtschaftliche Bedeutung der Bäume im Bestand, die von den Bäumen jeweils gebildeten geometrischen Stellungsformationen mit Entfernungszahlen sowie die Durchforstungsregeln ins Auge fassen, die, möglichst vorteilhaft hinsichtlich der Raumausnutzung, die Baumstellung von einem Stadium zum andern führen, indem diese schliesslich in die wirtschaftlich vorteilhafteste (Oberbaum-)Reifestellung ausläuft. Die Gesichtspunkte, die hierüber oben wie auch S. 167—168 vorgebracht sind, ebenso die Tatsache, dass die Schnelligkeit der Entwicklung des Bestandes einer recht beträchtlichen Variation unterliegt (Anstieg—Kulmination—Abstieg), führen a priori wenigstens zu folgenden Schlüssen über die Durchforstungshiebe: 1) Durchforstungen sind auf einer recht frühen Altersstufe zu beginnen; 2) spezielle Aufmerksamkeit ist auf die Abstände zwischen den Bäumen unter Berücksichtigung der schliesslichen Stellung in der Reife zu richten; 3) die zu verschiedenen Malen vorzunehmenden Durchforstungen werden nicht relativ gleich »kräftig» und biologisch gleichartig sein; 4) die Durchforstungen werden nicht in gleichen Zeitabständen aufeinander folgen; 5) die theoretischen Baumstellungen werden, wenigstens im Naturwald, geometrisch nicht immer dieselben sein, und auch die Raumausnutzung wird nicht immer gleich vorteilhaft sein.

mit ca. 100 Jahren ist, und weiter, dass ein beträchtlicher Teil der Oberbäume von der Form b und c ist, was seinerseits zeigt, wie wichtig es ist, die frühen Durchforstungen auch auf die Oberschicht auszudehnen. (Vgl. auch Fig. 7.)[1]

Ebenso sieht man Beispiele von Fällen eines bedeutenden Tropismus. Die Pfeilspitzen zeigen wirkliche Projektionspunkte der Stammspitzen im Vergleich zu den Stammgrundpunkten an. — Auch die »Isolierungszwischenräume» sind in diesem Bestand deutlich, und ebenso ist der Bestand ein trefflicher Beleg dafür, wie die Kronen direkt und indirekt einander abnutzen und ausformen. Man sieht dreieckige, abgeflachte Kronen, Eintauchungen u. a. —

Im allgemeinen geht aus den erhaltenen Bodenprojektionszahlen sowie den ihnen entsprechenden Vertikalprojektionen hervor (Fig. 24, 20—22), einen wie ungewöhnlich kleinen Anteil die Kronen tatsächlich von dem Raum, den das Kronendach umgrenzt, einnehmen.[2] Der physische Raummangel ist also nicht bedeutend, und doch können die Kiefernbestände keine grösseren Dichten entwickeln.

Den relativen Reichtum an Raum demonstriert auch Fig. 26, in der die Kronenrichtung im Vergleich zur Himmelsrichtung abgebildet ist.[3]

Man ersieht aus dieser Figur, dass, obwohl sich die Kronen vor allem nach den Richtungen ausdehnen und entwickeln müssen, wo es der Raum nur gestattet, sie trotzdem bei der relativ weiten Stellung des Kiefernbestandes gleichzeitig recht grosse Möglichkeiten haben, sich nach der Sonnenseite zu entwickeln. Die Richtung nach Süden und Südwesten zu ist nämlich in der Abbildung übermächtig im Vergleich zu den anderen Richtungen.

Der Umstand, dass die Kronenrichtung durchschnittlich am kräftigsten nach Südwesten ist, steht in Einklang mit der Beobachtung STÅL-

[1] Eine wie grosse Bedeutung die Oberschichtdurchforstung im Grunde hat, zeigt auch der grosse Anteil der Kronenbodenprojektion dieser Schicht — ca. $^2/_3$ (beim C-Typ kleiner) — an der ganzen Bodenprojektion (in höherem Alter). Die Anteile der übrigen Etagen sind in runden Zahlen entsprechend nur ca. 20, 10 und 3 % (beim C-Typ grösser). — Hierüber mehr bei den Kronenspezialuntersuchungen.

[2] Weitere Zahlen hofft Verf. in anderem Zusammenhang bieten zu können.

[3] Die Figur stellt die prozentuale Kronenrichtung der drei oberen Etagen in acht Himmelsrichtungen in Kiefernbeständen des V-Typs von 90 J. dar. Das Untersuchungsmaterial ist nicht besonders reichlich — 1714 Bäume —, und auch die Probebestände sind nicht die besten; im wesentlichen dürften die Ergebnisse aber doch sachgemäss sein.

FELT's (1921, S. 261—263), dass die Assimilation im allgemeinen nach Mittag mit grösserer Intensität geschieht und länger anhält als vorher. — Die Beobachtung über die Kronenrichtung zeigt an ihrem Teil, wie intensiv der Kiefernbestand alle Lichtgenussmöglichkeiten ausnutzt. —

Stamm- und Kronenkarten von der erwähnten Art sind besonders für Durchforstungen allgemein angelegt worden. Gewisse Angaben hierüber finden sich in der Fussnote 1 S. 96.

1895 schlug FRIEDRICH vor, das Kronendach von Zeit zu Zeit in der Weise photographisch zu fixieren, dass an bestimmten Stellen des Bestandes und mit in bestimmter Weise orientierten Apparaten Bilder direkt aufwärts aufgenommen würden. — Neuerdings hat man bekanntlich photographische Aufnahmen von Beständen für Zwecke der Forsteinrichtung auch von oben aus der Flugmaschine gemacht. (Vgl. z. B. REBEL 1924, KRUTZSCH 1925.) —

AALTONEN's (1919, S. 134 ff., 155 ff.) Kronenbodenprojektionsmessungen aus Finnisch-Lappland zeigen in den besten Fällen nur 20—25 % Projektion von der entsprechenden Bodenfläche. Da sich die Bodenprojektion in der Südhälfte Finnlands in den besten Fällen vollständiger Deckung nähern kann und in höherem Alter noch nahezu 50 % von der Deckung zeigt, ist der Unterschied zwischen diesen geographischen Wachstumsgebieten tatsächlich bedeutend. —

Was schliesslich den in den vorangehenden Kapiteln konstatierten Umstand anbelangt, dass der an Nährstoffgehalt ärmste hier untersuchte Waldtyp, der C-Typ, grössere relative und teilweise auch absolute Höhenvariationsweite zeigte als der ergiebigere M- und der ergiebigere V-Typ (vgl. auch Y. ILVESSALO $\Delta_{II_0 - II_1}$: 1920 b, Fig. Nr. 45 u. 42; 1920 c, S. 29—33), wobei gleichzeitig die Anzahl der Grundbäume beim C-Typ absolut und relativ am grössten war (vgl. S. 161 u. 174), was alles eine relativ niedrige Lichtgenussminimumgrenze der Kiefer auf geringeren Standorten im Vergleich zu der auf ergiebigeren bedeuten könnte, so können die jetzt vorgenommenen Kronenuntersuchungen diese Frage noch nicht entscheiden. Es müssen offenbar noch viel spezieller angelegte Untersuchungen über die Kronenverhältnisse im Bestand gemacht werden (siehe hierüber z. B. oben S. 198), bevor nähere Aufschlüsse in dieser Sache erhalten werden können.

Der Brusthöhendurchmesser.

Als biologisches Charakteristikum scheint die Stammstärke im Kampfe zwischen den Bäumen nicht dieselbe primäre Bedeutung zu

haben wie die Stammhöhen- und Kronencharakteristika. Dagegen ist sie hinsichtlich des technischen Wertes des Stammes erstklassig. Da ihre Messung — besonders in Brusthöhe — überdies leicht auszuführen ist, was sich von der Höhen- und der Kronenmessung nicht sagen lässt, so ist es ganz natürlich, dass sie auch im vorliegenden Falle als wertvolles Untersuchungsmittel herangezogen wird. Es sei auch sogleich bemerkt, dass die Untersuchung ihrer Variation auf Grund der von der Höhen- und der Kronenvariation bestimmten Baumklassen ebenfalls geeignet war, ausserordentlich wichtige Beiträge zu der behandelten biologischen Untersuchungsfrage zu liefern. —

Als Untersuchungsstelle der Stammstärke wurde hier begreiflichermassen die Brusthöhe gewählt, und als Objekt der Durchmesser, zunächst einschliesslich Rinde.[1]

* * *

In dem Kapitel über die Höhe war schon von der Wuchszeit die Rede, die sowohl in den Etagen wie auch im gesamten Bestande bis zur Erreichung der Brusthöhe verstreicht (S. 179—181). Die Alterszahlen in Tab. XII sind Mittelwerte dieser Wuchszeit.

Die so erhaltenen mittleren »Brusthöhenalterszahlen» könnte man theoretisch als Anfangszeitpunkte der durchschnittlichen Brusthöhendurchmesserentwicklung ansehen. Dies würde jedoch voraussetzen, dass den Individuen, die zu einem gewissen Zeitpunkte noch unter der Brusthöhe stehen, aber im allgemeinen diese Höhe noch erreichen werden, in der Mittelwertberechnung negative Brusthöhendurchmesserwerte gegeben werden, — was seinerseits bedeuten würde, dass die Mantelfläche des Stammes in der Weise über die Spitze des Stammes fortgesetzt gedacht würde, dass ihre Fortsetzung eine stammähnliche, aber umgekehrte »negative» Dublette bildete. Eine solche Annahme dürfte jedoch nicht im Einklang stehen mit der realen Brusthöhendurchmessermessung, wie man sie in der Praxis aufzufassen pflegt.

Bei der Messung des Brusthöhendurchmessers werden nämlich gewöhnlich nur die Individuen berücksichtigt, die die Brusthöhe erreicht haben, und diejenigen unberücksichtigt gelassen, die noch darunter stehen. So richtig nun auch ein solches Verfahren vom Standpunkt der rein mechanischen Brusthöhendurchmessermessung und -untersuchung

[1] Über die »Brusthöhe» vom »Bodenpunkt» aus berechnet, siehe näher S. 94 nebst Fussnote.

ist, so verstösst es doch gegen die Prinzipien der biologischen Untersuchung der Strukturform und deren Entwicklung im Bestandesinnern. Eine solche Interpretierung der Entwicklung des Brusthöhendurchmessers wird auch nicht biologisch signifikant, ehe alle zur fraglichen biologischen Gruppierung (Etagen, bzw. Baumklassen, — Bestand) gehörigen Individuen die Brusthöhe erreicht haben.[1] [2]

Tatsächlich sind also bei der Untersuchung und Darstellung der Entwicklung des Brusthöhendurchmessers zwei biologisch verschiedenwertige Perioden zu unterscheiden, nämlich die erste, die Baumgruppierung mangelhaft wiedergebende Zeit von dem Zeitpunkt ab, wo das erste Individuum das Brusthöhenniveau erreicht, bis zu der Zeit, wo dies beim letzten Individuum eintritt, — und eine zweite, eigentliche Periode des Brusthöhencharakteristikums, die dann einsetzt, wenn die erste aufhört.

In diesem Sinne ist bei der graphischen Darstellung des Brusthöhendurchmessers ein Unterschied in der Bezeichnung dieser beiden Perioden gemacht worden. Die erste Periode vertritt eine punktierte, die zweite eine ausgezogene Linie. Die punktierte Linie beginnt also mit dem Zeitpunkt, wo das Maximalindividuum der biologischen Baumkategorie die Brusthöhe erreicht, so dass die uneigentlichen Abschnitte der Mitteldurchmesserdarstellungen der Oberschicht und des Bestandes bei demselben Punkt einsetzen und bis dahin zusammenfallen, wo die ersten mitherrschenden Bäumen die fragliche Höhe erreichen. Die uneigentlichen Abschnitte der einzelnen Etagen setzen ihrerseits dann ein, wenn die nächsthöhere Etage aus dem uneigentlichen in den eigentlichen Ab-

[1] Bei der Bestimmung der den Baumklassen zu entnehmenden mittleren Probestämme mussten zunächst zur Berechnung einer richtigen Mittelhöhe, bzw. eines mittleren Volumens erforderlichenfalls approximative negative Durchmesserwerte verwendet werden. Im jüngsten Probebestand des C-Typs waren die kleinsten Probestämme demgemäss auch kürzer als die Brusthöhe; zwecks Sicherung der Wahl dieser mittleren Stämme wurde übrigens noch eine zweite Durchmessermessung näher am Boden vorgenommen, desgleichen eine genauere Höhenschätzung. (Vgl. z. B. Tab. X sowie die weitere Behandlung der Sache und besonders S. 207 Fussnote 2.)

Erwähnt sei auch, dass in gewissen Fällen die Verwendung negativer Durchmesserwerte auch in anderer Hinsicht von besonderem Vorteil war. So konnte z. B. in Fig. 33 mit Hilfe dieser Bezeichnung ungefähr geschätzt werden, in welchem Alter das letzte Baumindividuum die Brusthöhe erreicht.

[2] Hier erhebt sich noch eine zweite Frage, nämlich die, dass die Teilhöhe der Brusthöhe von der gesamten Stammhöhe mit dem Anwachsen der letzteren sinkt. — Die vergleichende Brusthöhenuntersuchung leidet also, wie sehr wohl bekannt ist, an gewissen theoretischen Mängeln.

schnitt eintritt, und der eigentliche Abschnitt des Gesamtmittels des Bestandes beginnt gleichzeitig mit demselben Abschnitt der Grundschicht. Vgl. Fig. 27, 29, 30 sowie auch Fig. 14, 28, 31 ff., 44 ff.

Die sichrere Bestimmung der so definierten einzelnen Altersstufen würde eine genaue Verfolgung des Wachstums des Bestandes in der gesamten kritischen Periode erfordern. Ein solches Untersuchungsverfahren konnte hier nicht durchgeführt werden. Die Bestimmungen mussten unter Vergleichung jüngerer und älterer Jungbestände sowie durch Vornahme von Stammanalysen gemacht werden. Als Untersuchungsmittel dienten auch die Bestandes- und Etagen-Durchmesservariationsweiten; von den Untersuchungen hierüber sei besonders die Darstellung der Minimalvariante des Bestandes (Grundschicht) Fig. 33 erwähnt. — Das Material war jedoch nicht sehr reichlich, so dass die Zahlen einigermassen ungenau sind. Sie finden sich im Abschnitt nach Tab. XII S. 180.

Wie schon früher erwähnt (S. 96), beginnt die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers (wenn der Baum die Brusthöhe erreicht hat) mit der Stärke des Jahrestriebes. Ein kleineres Mass als dieses kann man mithin nicht als Brusthöhendurchmesser bezeichnen. Die graphische Darstellung des Durchmessers beginnt somit bei einem Niveau, das um die Dicke eines Jahrestriebes über dem Nullstrich liegt. — Soweit die relativ beschränkten Untersuchungen, die Verf. über die Stärke des Brusthöhen jahrestriebes hat anstellen können, das Richtige treffen, wäre diese Stärke bei den einzelnen Waldtypen ein wenig abweichend und ungefähr folgende: MT ca. 8 mm, VT ca. 7 mm, CT ca. 6 mm. Hinsichtlich der einzelnen Etagen kann diese Stärke auch etwas variieren, aber dies wurde hier nicht als der Berücksichtigung wert erachtet, da diese Untersuchung auf relativ geringem Material basiert. Fig. 27, 29, 30.[1]

* * *

Im Hinblick darauf, dass der Stammdurchmesser, im Vergleich zu den oben behandelten Stammhöhen- und Kronencharakteristika, biologisch ein sekundäres Bestandesstrukturcharakteristikum ist, liegt kein Anlass vor, die Darstellung durch Veröffentlichung des gesamten ausgedehnten Zahlenmaterials der Durchmesserermittlung anschwellen zu lassen. Eine graphische Veranschaulichung der Durchmesserverteilung

[1] Vgl. S. 207 Fussnote 2.

mag genügen. In Fig. 41 und 42 ist ein Drittel des Materials so zusammengefasst.

Was die berechneten Reihencharakteristika der Durchmesserverteilung anbelangt, musste auch ihnen gegenüber Zurückhaltung befolgt werden.[1] Nur die arithmetischen mittleren Durchmesser D_1 des Bestandes und der Etagen nebst ihren mittleren Fehlern wie auch die quadratischen mittleren Durchmesser D_2 der Baumklassen (Durchmesser der Probestämme) haben eine Tabelle erhalten. Tabelle XIVa, b.[2]

Die Ausgleichungswerte der Reihencharakteristika werden ebenfalls nur durch graphische Darstellungen demonstriert; es war unmöglich, diese, übrigens interessanten und mit vieler Mühe gefundenen Resultate zu veröffentlichen.

* * *

Die arithmetischen Brusthöhendurchmessermittel D_1 des Bestandes, der Etagen und der echten Baumklassen sind hintereinander in Fig. 27—30 dargestellt. Die Senkrechten in den Punkten bezeichnen, wie erwähnt, den dreifachen Betrag des $\pm$ mittleren Fehlers des Punktwertes.

Die Massverhältnisse zwischen den mittleren Durchmessern dürften aus den graphischen Darstellungen mit genügender Klarheit hervor-

[1] Berechnet wurde, wie aus den graphischen Darstellungen ersichtlich und schon früher erläutert ist, u. a.: für Bestand und Etagen D_1, σ_D, V_D, S_D und E_D nebst mittleren Fehlern; ebenso D_1 und σ_D der Baumklassen sowie D_2; ausserdem von den Ausgleichungswerten direkt $D_{1\%}$ (in bezug auf den Oberdurchmesser), D_2, D_3 und D_4 des Bestandes; sowie eine bedeutende Menge akkommodierter Bestandes- und Etagendurchmesserfrequenzkurven; ferner gewisse Korrelationskoeffizienten u. a.

[2] Nach der Erläuterung sind die Mittelwerte von Tabelle XIVa aus den Durchmessern nur derjenigen Baumindividuen berechnet, die die Brusthöhe erreicht haben, wohingegen Tabelle XIVb sich auf die Durchmesserwerte der S. 205 Fussnote 1 definierten mittleren Probestämme bezieht. Abgesehen davon also, dass diese Tabellen verschiedenartige statistische Mittel (D_1 — — D_2), wie auch Baumkategorien (Bestand, Etagen — — Baumklassen) und auch verschiedene Darstellungsgenauigkeit und -form (bei der Bestimmung des Probestammdurchmessers ist das mm bekanntlich im allgemeinen als obere Grenze der Genauigkeit anzusehen) zeigen, tritt in ihnen auch die wesentliche Verschiedenheit der erwähnten Art hervor (die sich jedoch nur auf die allerjüngsten Probebestände bezieht).

Ausser Fig. 33 und 41 (MT, 14 J.) geben die graphischen Darstellungen von Durchmesser und Grundfläche in dieser Untersuchung, wie aus obigen Darlegungen hervorgegangen ist, nur »positive» Brusthöhenzahlenwerte an.

Tabelle XIV a. **Mittlere Bestandes- und Etagen-Brusthöhendurchmesser D_1 (cm) der Probebestände.**

Waldtyp	Bestandesalter	Mittlerer Durchmesser $D_1 \pm \varepsilon(D_1)$ des Bestandes	Mittlere Durchmesser $D_1 \pm \varepsilon(D_1)$ der Etagen 1	2	3	4
MT	14	3,500 ± 0,073	5,747 ± 0,074	4,035 ± 0,049	2,733 ± 0,057	1,136 ± 0,059
»	19	4,407 ± 0,123	7,779 ± 0,127	5,784 ± 0,103	3,917 ± 0,091	1,873 ± 0,064
»	30	9,457 ± 0,171	14,333 ± 0,246	10,922 ± 0,182	8,869 ± 0,154	6,082 ± 0,091
»	47	13,082 ± 0,199	18,067 ± 0,218	13,399 ± 0,186	10,110 ± 0,141	7,709 ± 0,165
»	69	18,996 ± 0,311	23,136 ± 0,314	18,058 ± 0,295	14,684 ± 0,237	12,100 ± 0,248
»	78	20,824 ± 0,385	27,091 ± 0,356	21,941 ± 0,282	17,119 ± 0,259	12,122 ± 0,377
»	96	26,227 ± 0,369	31,068 ± 0,374	24,439 ± 0,352	21,000 ± 0,304	16,667 ± 0,343
»	103	27,724 ± 0,509	32,578 ± 0,436	25,222 ± 0,357	21,962 ± 0,455	17,115 ± 0,427
»	136	28,908 ± 0,558	34,577 ± 0,553	29,165 ± 0,484	24,571 ± 0,466	19,167 ± 0,533
»	146	34,875 ± 0,665	41,304 ± 0,608	34,367 ± 0,676	29,227 ± 0,566	24,324 ± 0,652
VT	14	2,573 ± 0,087	4,465 ± 0,095	2,957 ± 0,078	2,053 ± 0,082	1,012 ± 0,051
»	27	4,818 ± 0,094	7,984 ± 0,158	5,489 ± 0,082	4,013 ± 0,065	2,242 ± 0,064
»	50	11,227 ± 0,164	15,519 ± 0,185	11,541 ± 0,142	9,124 ± 0,124	7,203 ± 0,107
»	70	15,346 ± 0,207	19,457 ± 0,216	15,134 ± 0,167	12,269 ± 0,156	10,039 ± 0,133
»	76	16,132 ± 0,241	20,038 ± 0,288	16,068 ± 0,191	12,572 ± 0,224	10,328 ± 0,245
»	90	21,148 ± 0,252	25,997 ± 0,261	21,190 ± 0,200	17,750 ± 0,191	13,486 ± 0,261
»	102	21,821 ± 0,468	25,791 ± 0,491	20,687 ± 0,287	17,500 ± 0,284	13,333 ± 0,331
»	115	24,586 ± 0,499	29,531 ± 0,442	23,561 ± 0,478	18,833 ± 0,341	15,654 ± 0,573
»	130	23,075 ± 0,393	28,319 ± 0,397	22,250 ± 0,310	18,595 ± 0,264	15,192 ± 0,320
»	156	25,685 ± 0,495	30,937 ± 0,483	24,857 ± 0,504	20,558 ± 0,304	16,394 ± 0,288
CT	14	1,280 ± 0,023	1,790 ± 0,030	1,111 ± 0,024	0,736 ± 0,017	—
»	35	3,049 ± 0,082	5,957 ± 0,175	4,192 ± 0,109	2,863 ± 0,065	1,489 ± 0,052
»	45	5,048 ± 0,098	8,800 ± 0,163	5,847 ± 0,062	3,844 ± 0,052	2,404 ± 0,064
»	50	6,746 ± 0,121	11,358 ± 0,183	8,272 ± 0,105	6,168 ± 0,093	3,642 ± 0,078
»	64	7,069 ± 0,204	12,470 ± 0,289	8,705 ± 0,199	5,343 ± 0,119	3,028 ± 0,076
»	87	13,116 ± 0,237	18,846 ± 0,257	13,352 ± 0,178	10,186 ± 0,155	6,671 ± 0,164
»	96	12,350 ± 0,180	16,541 ± 0,202	12,295 ± 0,144	10,235 ± 0,129	7,159 ± 0,142
»	102	16,272 ± 0,209	22,594 ± 0,222	17,093 ± 0,181	13,459 ± 0 143	9,940 ± 0,118
»	130	16,287 ± 0,353	22,524 ± 0,346	18,000 ± 0,324	13,217 ± 0,262	8,992 ± 0,235
»	159	19,639 ± 0,334	24,633 ± 0,323	19,864 ± 0,312	15,282 ± 0,211	10,960 ± 0,204

Tabelle XIV b. **Mittlere Baumklassen-Brusthöhendurchmesser D_2 (cm) der Probebestände. (Probestammdurchmesser.)**

Waldtyp	Bestandesalter	Mittlere Durchmesser der echten Baumklassen D_2											
		1			2			3			4		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
MT	14	6,5	5,8	5,2	4,9	4,5	3,9	3,1	3,2	2,6	2,0	1,7	1,2
»	19	8,5	7,3	6,8	6,5	6,2	5,3	—	4,5	3,8	—	3,0	2,0
»	30	15,6	13,3	12,3	11,8	11,1	10,0	9,6	9,6	8,4	7,9	6,9	6,0
»	47	19,8	17,2	15,6	14,8	14,4	12,3	11,7	11,1	9,9	—	8,1	7,8
»	69	24,4	21,6	20,4	19,8	17,8	16,5	15,4	15,3	13,7	13,2	12,8	11,4
»	78	28,6	25,6	24,1	23,5	22,2	20,1	18,5	17,4	16,9	14,2	13,6	12,0
»	96	32,2	30,2	28,3	25,1	25,4	22,5	22,1	21,6	20,1	16,6	18,1	16,5
»	103	34,7	32,2	29,8	26,1	25,7	24,5	22,4	22,4	21,1	17,0	17,0	17,6
»	136	36,1	33,5	31,3	30,3	29,3	28,0	27,6	24,8	22,9	21,7	19,9	18,0
»	146	42,7	40,1	36,5	36,0	34,4	31,1	31,5	30,7	27,1	27,0	25,6	23,8
VT	14	5,2	4,4	4,3	4,0	3,1	2,9	2,7	2,3	2,3	1,4	1,2	0,9
»	27	9,0	7,8	7,0	5,6	6,1	5,4	4,6	4,5	3,9	2,2	2,8	2,3
»	50	15,8	15,3	14,0	12,4	12,1	10,7	9,9	9,5	8,9	8,7	7,5	7,2
»	70	20,5	17,9	18,2	15,6	15,4	14,1	12,8	12,3	12,1	10,9	10,4	9,6
»	76	21,0	19,1	18,6	16,9	16,7	14,9	14,1	13,5	12,1	10,9	11,2	9,8
»	90	27,1	25,1	24,7	21,7	21,6	20,3	18,4	18,5	17,2	15,0	14,6	13,1
»	102	27,1	25,7	22,9	21,6	21,1	20,0	19,0	18,0	17,1	—	14,5	13,2
»	115	30,7	28,7	27,0	24,6	23,8	22,0	19,4	19,1	18,7	17,1	14,6	15,4
»	130	29,6	27,2	26,9	22,9	22,3	21,3	18,3	18,9	18,5	15,1	15,6	15,2
»	156	32,0	29,8	30,7	26,0	25,4	23,5	21,6	20,8	19,8	16,6	16,1	16,5
CT	14	2,3	1,9	1,6	1,5	1,3	1,1	–	–	±	–	–	–
»	35	6,9	5,6	4,6	5,3	4,5	3,6	4,0	3,2	2,7	2,5	1,7	1,6
»	45	9,6	8,1	7,5	6,1	6,1	5,5	—	4,4	3,7	—	2,9	2,3
»	50	12,4	10,4	9,6	9,0	8,6	8,1	6,7	6,8	6,0	4,5	4,5	3,5
»	64	13,1	11,7	10,4	9,8	8,8	7,8	5,9	6,0	5,0	4,3	3,3	3,1
»	87	19,9	17,6	15,6	14,2	13,5	11,6	10,5	11,1	9,5	7,9	6,4	6,6
»	96	17,5	15,3	15,5	12,9	12,3	11,2	10,7	9,9	10,5	8,1	7,5	6,7
»	102	24,0	21,7	19,7	18,9	17,3	15,8	14,2	14,2	12,8	10,2	10,6	9,8
»	130	24,3	21,8	20,8	19,8	18,6	15,8	15,4	14,5	12,2	11,8	10,6	8,9
»	159	26,3	24,4	21,4	21,8	20,7	18,1	16,9	16,6	14,6	13,1	12,5	10,8

gehen. Aus ihnen ersieht man z. B. die Tatsachen, dass der Durchmesser durchschnittlich bei zunehmender Höhe (Etage) wie auch mit dem Vollkommenerwerden der Krone (nach dem verwendeten Kronenschema) zunimmt. Ebenso ist es klar, dass, je ergiebiger der Standort ist, um so grösser auch die mittleren Durchmesser an den gleichen Alterspunkten sind. —

Was insbesondere das gegenseitige Verhältnis von mittlerem Oberschichtdurchmesser (Oberdurchmesser) und mittlerem Bestandesdurchmesser betrifft, so verdient die diesbezügliche Untersuchung eine spezielle Erwähnung, obwohl dieses Verhältnis biologisch nicht so bedeutungsvoll ist wie das entsprechende Höhenverhältnis. Die Differenz zwischen den beiden Durchmessern geht aus Fig. 28 und 31 hervor.

Die Differenz D_0—D_1 (siehe die absoluten Zahlenwerte in Fig. 31) steigt anfänglich bedeutend und stabilisiert sich, besonders beim M-Typ, bereits kurz nach 50 Lebensjahren nahezu. Die grösste Differenz besteht in der Durchmesser- wie auch in der Höhenvariation in den älteren Beständen des C-Typs. Die grössere Differenz des C-Typs beruht auf der merklichen, relativ grösseren Zahl der Grundbäume, die den C-Typ im Vergleich zu den anderen untersuchten Typen charakterisiert. Die exakte Durchmesserermittlung und die biologische Etagenklassifizierung nach Augenmass bestätigen sich also gegenseitig (es ist nämlich zu bemerken, dass die Dispersion σ_D des C-Typs kleiner ist als die der anderen Typen).

In prozentualer Darstellung zeigt das Verhältnis zwischen mittlerem Bestandesdurchmesser und mittlerem Oberdurchmesser ebenfalls Übereinstimmung mit dem Verhältnis zwischen den entsprechenden Höhencharakteristika. Die Reihenfolge unter den Typen ist in beiden Fällen dieselbe. Fig. 13 und 28.

Absolut besteht dagegen zwischen diesen Prozentwerten ein bedeutender Unterschied. Die Durchmesserprozentwerte sind nämlich beträchtlich niedriger als die entsprechenden Höhenwerte. Dies bedeutet, dass die Reihenstreuung beim Durchmesser relativ grösser ist als bei der Höhe, was auch aus den Gradverschiedenheiten zwischen den Variationskoeffizienten hervorgeht (Fig. 17 und 34). Dies könnte man wiederum als einen Beweis dafür erklären, dass ein relativ grosser Durchmesser für den Baum nicht so wichtig ist wie eine relativ grosse Höhe.

Das Verhältnis zwischen mittlerem Ober- und mittlerem Bestandesdurchmesser hat z. B. DIETERICH (1922 a, S. 84—86) untersucht. Die von ihm erhaltenen Differenzwerte D_0—D_1 betragen jedoch im allgemeinen nur die Hälfte von denen des Verf., was daher rührt, dass DIETE-

RICH seine Untersuchung in gepflegten Beständen (Fichte) vorgenommen hat, wohingegen die Zahlen des Verf. Naturbestände vertreten. Auch die Baumklassifizierung war natürlich in diesen beiden Fällen verschieden. —

Beispiele dafür, zu was für unmassgeblichen Resultaten die mechanische »Oberbaumklassifizierung« auf dem Gebiet der biologischen Untersuchung führen kann, bietet z. B. gerade ein Vergleich zwischen mittlerem Ober- und mittlerem Bestandesdurchmesser. (Es sei auf die oben S. 24 und 64—69 dargelegten mechanischen Klassifizierungsverfahren und ihre Anwendungen verwiesen.)

* * *

Neben dem oben erwähnten arithmetischen Durchmessermittel D_1 des Bestandes (Fig. 27) wurden vom Gebiete der Durchmesservariation noch einige andere mittlere Bestandesdurchmesser berechnet. Anlass war hier wie bei der Berechnung der höheren Höhenmittelwerte des Bestandes (vgl. S. 189—191) eine Untersuchung über den Bestandesmittelstamm.

Genauere Erwägungen über die theoretischen und praktischen Beziehungen dieser verschiedenen Mittel werden, wie gesagt, in einer Spezialuntersuchung über den Bestandesmittelstamm später vorgeführt; hier werden die berechneten Mittel nur erwähnt und durch einige vorläufige Zahlenangaben charakterisiert. Die Darstellungsweise dieser Mittel ist hier dieselbe wie bei den oben vorgelegten Höhenmitteln. Fig. 31 (vgl. Fig. 14). Die Basis der Differenz ist das in Fig. 27 veranschaulichte, mit der Stammzahl gewogene arithmetische Durchmessermittel D_1.

Die in Fig. 31 veranschaulichten Mittel sind alle mit der Stammzahl gewogene Potenzmittel (vgl. S. 100 Fussnote 2). Sie unterscheiden sich voneinander also nur betreffs der Gradhöhe der Potenz. Diese Mittel sind:
das quadratische

$$D_2 = \sqrt{\frac{\Sigma D^2 N}{\Sigma N}},$$

das kubische (WEISE 1880, S. 10 Fussnote)

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{\Sigma D^3 N}{\Sigma N}},$$

das b i q u a d r a t i s c h e (KUNZE 1883, S. 5; 1891, S. 17; 1916, S. 24 ff.; etc.)[1]

$$D_4 = \sqrt[4]{\frac{\Sigma D^4 N}{\Sigma N}}.$$

Um die durch mühsame Rechenarbeit erhaltene genaue Stammverteilung hinsichtlich der Durchmesservariation (siehe S. 129) hier nicht ausrechnen zu müssen, hat Verf. für die zwei letzterwähnten Mittelwertformeln die entsprechenden Hilfsformeln entwickelt, wie sie A. OPPERMANN (1887, S. 155—161) seinerzeit für die Formel des quadratischen Mittels hergeleitet hat (vgl. S. 100 nebst Fussnoten). Diese Hilfsformeln gründen sich, die erstere auf das arithmetische Mittel, die Dispersion und den Asymmetriekoeffizienten und die letztere ausserdem noch auf den Exzesskoeffizienten,[2] und ihre Anwendung ist hier also auch in dem Sinne leicht, dass die erwähnten Charakteristika schon weiter oben ausgeglichen worden sind. — Diese Formeln lauten:

$$D_3 = \sqrt[3]{D_1^3 + 3 D_1 \sigma_D^2 - 2 \sigma_D^3 S_D},$$

$$D_4 = \sqrt[4]{D_1^4 + 6 D_1^2 \sigma_D^2 - 8 D_1 \sigma_D^3 S_D + 8 \sigma_D^4 (0.375 + E_D)}.$$ [3]

---

[1] Gewöhnlich wird KUNZE's Anwendung durch die Grundfläche g dargestellt:

$$\left| \begin{array}{l} g_2 = \sqrt{\frac{\Sigma g^2 N}{\Sigma N}} \\ D_4 = 2 \sqrt{\frac{g_2}{\pi}}. \end{array} \right.$$

[2] Die Formeln kann man natürlich auch durch das dritte, bzw. vierte Moment, anstelle des Asymmetrie-, bzw. des Exzesskoeffizienten ableiten.

[3] Z. B. die Formel für D_3 wird auf folgende allgemeingültige Weise erhalten (vgl. S. 99—100 nebst Fussnoten S. 100 und S. 117—119):

$$\nu_3 = \frac{\Sigma (x - M_1)^3 N}{\Sigma N},$$

woraus durch Auflösung und Einsetzung nach den gegebenen Hinweisen

$$\nu_3 = \frac{\Sigma x^3 N}{\Sigma N} - M_1^3 - 3 M_1 \sigma^2.$$

Da

$$\frac{\Sigma x^3 N}{\Sigma N} = M_3',$$

und

$$\nu_3 = -2 \sigma^3 S,$$

Die so berechneten Grössen der einzelnen Mittelwerte gehen, wie gesagt, aus Fig. 31 unter Kombination mit Fig. 27 klar hervor. Die ausgezeichnete Gleichmässigkeit der Differenzen ist ebenfalls auffällig. — In mm betragen die Differenzen nach ca. 50 (MT, VT), bzw. 100 (CT) Altersjahren ungefähr 6—8 (D_2—D_1), 13—16 (D_3—D_1), 19—23 (D_4—D_1), wobei VT die niedrigsten und CT die höchsten Beträge repräsentiert.

* * *

Die Stammverteilung des Bestandes hinsichtlich der Variation des Brusthöhendurchmessers, als einfache Reihe betrachtet, ist im Grunde schon im Zusammenhang mit der Behandlung der entsprechenden Höhenverteilung zur Sprache gekommen (S. 182 ff.). Als anschauliches Beispiel davon wurde eine Frequenzkurve in Fig. 1 vorgeführt. Diese ausgeglichene einfache Frequenzkurve fusst somit auf den Reihen-Charakteristikumausgleichungswerten, die in den Fig. 2, 27, 32, 35 und 36 dargestellt sind, d. h. den Ausgleichungswerten von Stammzahl, sowie Mittelwert, Dispersion, Asymmetrie- und Exzesskoeffizient der Durchmesservariation.

Neben dieser Bestandesgesamtreihenbehandlung wurde die Durchmesserverteilung, wie erwähnt, auch etagen- und baumklassenweise untersucht. Bei Untersuchung der Durchmesserreihen der Etagen wurden dieselben Charakteristika verwendet wie bei der Bestandesgesamtreihenbehandlung des Durchmessers; die erhaltenen Ausgleichungswerte hinsichtlich derselben finden sich in Fig. 3, 29, 37, 38 und 39. Dagegen wurden beim Studium der Durchmesserverteilung der Baumklassen die Reihen — im Hinblick auf ihre relativ geringen Variantenbeträge — nicht durch Charakteristika, die höher als die Dispersion sind, charakterisiert. Die ausgeglichenen Stammzahlen der Baumklassen, Mittelwerte und Dispersionen sind aus Fig. 4, 30 und 40 ersichtlich.

Sowohl die erhaltenen Reihencharakteristikumwerte wie auch die ihnen entsprechenden Frequenzkurven sind in vieler Beziehung recht interessant. — Es sollen zunächst die ersteren, vor allem soweit aus ihnen neue Gesetzmässigkeiten im Charakter der Bestandesstruktur konstatiert werden können, durchgemustert werden.

so ist

$$M_3 = \sqrt[3]{M_1^3 + 3 M_1 \sigma^2 - 2 \sigma^3 S}.$$

M_4 wird entsprechend auf gleiche Weise gelöst.

Was die zuerst genannten Bestandesgesamtcharakteristika betrifft, so sind von einschlägigen Untersuchungen zunächst zu erwähnen diejenigen von CAJANUS (1914) und von Y. ILVESSALO (1920 b).

CAJANUS kam auf Grund seines Materials zu dem Schlusse, dass der mittlere Durchmesser D_1 und die Dispersion σ_D des Bestandes sich arithmetisch mit steigendem Alter entwickeln (S. 46—49; 78—84). Dieses Ergebnis betraf jedoch nur ein relativ kurzes Zeitintervall in der besten Wachstumsperiode gepflegter Bestände. Wie ILVESSALO's Untersuchung später gezeigt hat, lassen volldichte Naturbestände im allgemeinen keine derartige Durchmesser- und Dispersionsentwicklung erkennen. Der mittlere Durchmesser entwickelt sich nur einige Zeit lang nahezu geradlinig, aber die Entwicklung der Dispersion scheint in keiner Periode durch eine gerade Linie charakterisiert zu werden (Fig. Nr. 6 ff.). Hieraus folgt weiter, dass die Kovariation zwischen dem mittleren Durchmesser und der Dispersion jedenfalls nicht durch und durch geradlinig verlaufen kann, wie sie CAJANUS (S. 65—68) erhielt, ebensowenig wie die hierauf gegründete Annahme von CAJANUS, dass der Variationskoeffizient eine Konstante wäre (S. 68 ff., 95), stichhaltig ist.

Die Ergebnisse des Verf. stimmen mit denen ILVESSALO's überein (Fig. 27, 32 und 34 beim Verf.). Ebenso entsprechen die Waldtypen einander in diesen beiden Untersuchungen in ausgezeichneter Weise, was nur ein erneutes Zeugnis für die schon früher konstatierte bedeutsame Konstanz der Waldtypen in mancher anderen Beziehung ist. Geringere zu beobachtende Unterschiede zwischen Ilvessalo und dem Verf. dürften im wesentlichen nur auf Ausgleichungsverschiedenheiten beruhen.

Bei einem Vergleich der Höhen- und der Durchmesserdispersion (Fig. 15 u. 32) sieht man, dass sich die Waldtypen in ihnen untereinander nicht in gleicher Weise verhalten. Die Höhendispersion des C-Typs nämlich überschreitet die entsprechenden Dispersionen der übrigen untersuchten Typen in höherem Alter, aber seine Durchmesserdispersion bleibt die ganze untersuchte Lebenszeit hindurch am kleinsten von allen Dispersionen der untersuchten Typen.

Was die die Schiefe und den Exzess der Reihen charakterisierenden Koeffizienten anbelangt, ist Verf. zu anderen Ergebnissen gekommen als die erwähnten Forscher, was vermutlich davon herrührt, dass das Material des Verf. wahrscheinlich von normalerer Beschaffenheit war als das der Vorgenannten (vgl. S. 148—153).

Die erwähnten Forscher haben nämlich nicht bemerkt, dass diese Reihencharakteristika vom Alter abhängig sind, sondern meinten, dass sie unabhängig davon variieren (Cajanus S. 112, 123; Ilvessalo S. 67). Wie sich jedoch schon oben bei der Behandlung der Höhencharakteristika herausstellte, müssen wenigstens die Schiefen der Reihen, sowohl bei der Höhen- wie bei der Durchmesserverteilung, zum grossen Teile von den gegenseitigen Frequenzverhältnissen der Etagen abhängen und sich daher gemäss diesen ändern. Wie schon erwähnt, wurde auch im Material eine beträchtliche positive Korrelation zwischen den Oberschichtfrequenzverhältniszahlen und den Höhen-Asymmetriekoeffizienten konstatiert (S. 182).

Es war keine ebenso grosse Abhängigkeit zwischen dem Durchmesser-Asymmetriekoeffizienten und dem relativen Oberschichtfrequenzbetrag wie bei der entsprechenden Höhen-Abhängigkeitsuntersuchung zu erwarten, und zwar wegen der biologisch mehr sekundären Bedeutung, welche den Durchmesser im Vergleich zum Höhenfaktor charakterisiert. Dass die erwähnte positive Korrelation jedoch auch hier bedeutend werden würde, und dass auch die den S_D-Koeffizienten ausgleichende Kurve (Fig. 35) einen recht gleichartigen Verlauf zeigen würde wie die S_H- und $N_{O\%}$-Kurven (Fig. 18 u. 5), war schon infolge der bekannten positiven Abhängigkeit klar, die im Bestande zwischen den Höhen- und Durchmesservariationen herrscht. Dies bestätigte sich denn auch durch die folgenden Zahlenwerte der Korrelationskoeffizienten hinsichtlich der S_D- und $N_{O\%}$-Charakteristika:

$$\begin{aligned} &\text{M T} \quad r_{S_D N_{O\%}} = +0{,}466 \pm 0{,}248, \\ &\text{V T} \quad \text{»} \quad = +0{,}672 \pm 0{,}173, \\ &\text{C T} \quad \text{»} \quad = +0{,}893 \pm 0{,}064. \end{aligned}$$

Beim C-Typ war also $r_{S_D N_{O\%}} > r_{S_H N_{O\%}}$. Ob dies nun von zufälligen oder prinzipiellen Umständen abhing, war nicht mit Sicherheit zu konstatieren.

Was den Standort anbelangt, stimmen Cajanus', Ilvessalo's und des Verf. Beobachtungen annähernd miteinander überein. Der Zahlenwert von S_D ist um so grösser, je geringer der Standort ist, was also von den Umständen herrührt, die vor allem S. 160—161 und 199 erwähnt sind. Was das Merkmal der Schiefe anbelangt, wurde schon im Zusammenhang mit der Höhenbehandlung deutlich, dass S_D — vielleicht abgesehen vom jüngsten Pflanzenalter — negativ ist. Das Ergebnis steht

somit auch an dieser Stelle mit den genannten früheren Untersuchungen in Einklang.

Was den Exzess betrifft, hat CAJANUS zwischen den Asymmetrie- und Exzesskoeffizienten teilweise eine beachtliche negative Korrelation konstatiert (S. 113) und vermutet, dass somit Exzess und Schiefe im wesentlichen durch dieselben Faktoren bedingt seien, aber also nur mit entgegengesetzter Reaktion.

Aus der jetzt vorgenommenen Untersuchung geht ebenfalls hervor, dass eine derartige Abhängigkeit in gewissem Masse wahrscheinlich ist. Dies zeigen z.B. die Ausgleichungskurven des Exzesses, indem sie für die $N_{O\,\%}$ - und die S_D-Kurven einen Verlauf von entgegengesetztem Aussehen erkennen lassen (Fig. 5, 35 und 36). Andrerseits haben sich jedoch die berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen E_D und S_D hier nicht durchgängig als sicher erwiesen, wie aus folgenden r-Werten ersichtlich ist:

$$\begin{aligned} &\text{MT} \quad r_{E_D S_D} = -0{,}136 \pm 0{,}310, \\ &\text{VT} \quad \text{»} \quad = -0{,}604 \pm 0{,}201, \\ &\text{CT} \quad \text{»} \quad = -0{,}779 \pm 0{,}124. \end{aligned}$$

Wie bei CAJANUS (S. 116), wird auch der vom Verf. erhaltene Korrelationskoeffizient mit geringer werdendem Standort grösser. Dies wiederum ist geeignet, die beobachtete Gegenvariation einigermassen zu bestätigen, wie ihr auch einen bedeutsameren biologischen Inhalt zu geben. Vgl. CAJANUS S. 113 ff. CAJANUS hat es ebenso für wahrscheinlich gehalten, dass der Wert des Exzesses in positiver Richtung wächst, wenn der Standort geringer wird, und dass somit auch dieses Charakteristikum dem Asymmetriekoeffizienten entgegengesetzt ist. Auch hiervon wurde bemerkt, dass es nur in jüngerem Alter (in dem von CAJANUS untersuchten Altersintervall) zutrifft, nicht aber später. Nahezu gleichartig verhält es sich mit dem Höhenexzess, der übrigens begreiflicherweise hier unsichrer ist als der Durchmesserexzess. (Fig. 36, 35 und 19, 18.)

Auch bei den Etagen- und den Baumklassen-Durchmessercharakteristika sind bemerkenswerte Gesetzmässigkeiten zu beobachten.

Wie schon erwähnt, entwickeln sich deren Mittelwerte (Fig. 29 und 30) regelmässig, und das Gleiche ist auch von ihren Dispersionen zu sagen (Fig. 37 und 40).

Die D-Mittelwerte und -Dispersionen der Etagen verhalten sich inso-

fern gleich, als in einer höheren Etage sowohl der Mittelwert wie die Dispersion grösser sind als in einer niedrigeren. In den Baumklassen ist das Verhältnis hinsichtlich der Kronenvollkommenheit nicht dasselbe. Der mittlere Durchmesser ist zwar um so grösser, je »besser» die Krone ist, aber hinsichtlich des Betrages der Dispersion steht bisweilen die a-, bisweilen die b- und bisweilen die c-Klasse im Vordergrunde, und bisweilen besitzen zwei oder sogar alle drei Baumklassen in derselben Etage eine Dispersion von so gleicher Grösse, dass sie sachlich nicht getrennt werden konnten. Dies ist auch ganz natürlich im Hinblick auf die bedeutend untereinander schwankenden Individuenfrequenzen, die die Baumklassen der verschiedenen Etagen charakterisieren.

Wie aus den ausgeglichenen Mittel- und Dispersionswerten gleichzeitig ersichtlich ist, decken sich die Durchmesservariationsweiten sowohl der Etagen wie auch der Baumklassen in beträchtlichem Grade, und zwar derart, dass z. B. die äussersten Etagen (Ober- und Grundbäume) aufeinanderstossen. Dies geht auch aus Fig. 41—43 hervor, in denen gewisse unausgeglichene und ausgeglichene, die Durchmesserverteilung darstellende Frequenzkurven wiedergegeben sind. — Diese Tatsache, dass sich die verschiedenen biologischen Baumkategorien so weit auf die gegenseitigen Durchmesservariationsgebiete erstrecken, ist also wiederum ein bemerkenswertes Zeugnis dafür, von wie sekundärer biologischer Bedeutung eine mechanische Baumklassifikation auf Basis des Durchmessers sein kann. —

Die Asymmetrie- und Exzesskoeffizienten der Etagen scheinen in ihren Variationen nichts Systematisches hinsichtlich des Alters zu zeigen, wie die entsprechenden Charakteristika des gesamten Bestandes. Eine Ursache für eine solche Erscheinung ist auch nicht ausfindig zu machen im Hinblick darauf, dass die Variationen der entsprechenden Charakteristika des Bestandes gerade von den Frequenzvariationen zwischen den Etagen abhängig waren, die durch die Entwicklung des Bestandes (bei zunehmendem Alter) veranlasst sind. Die Asymmetrie- und die Exzesskoeffizienten charakterisiert so am besten die Wagrechte in der Höhe des arithmetischen Mittels in einem Diagramm von der hier gewöhnlich verwendeten Art, in dem die Abszissenachse das Alter vertritt. (Fig. 38 und 39.)

Vergleicht man die Höhen der erwähnten Charakteristikum-Mittelwerte der einzelnen Etagen in den verschiedenen Waldtypen miteinander, so bemerkt man, wie bei ihnen eine konsequente Gesetzmässigkeit auftritt, die gleichzeitig den berechneten Werten eine beträchtliche relative

Sicherheit verleiht, obwohl ihre mittleren Fehler im Grunde nicht so klein sind.[1]

Man sieht nämlich, dass in allen drei Fällen der Asymmetriekoeffizient der Oberschicht am niedrigsten (grösster neg. Wert) und der der Grundschicht am höchsten ist (posit. Wert), wobei sich die der Zwischenschichten zwischen diesen in der Schichtenfolge einreihen. Die Amplitude zwischen den Randwerten ist am kleinsten beim M-Typ und am grössten beim C-Typ. — Die Koeffizientenwerte des Exzesses haben, was die Ober- und Grundbäume anbelangt, wiederum die entgegengesetzte Reihenfolge.

Eine derartige Relation zwischen den Etagen ist auch ganz natürlich. Ist es doch ganz klar, dass z. B. die Asymmetrie der Oberbäume negativ und die der Grundbäume positiv sein muss, — dass die Asymmetrieamplitude beim C-Typ grösser sein muss als bei den anderen untersuchten Typen, da bei diesem Typ auch die Gesamtasymmetrie eine grössere Wertvariation zeigt (Fig. 35), — dass die Exzesskoeffizienten der Etagen sich teilweise in umgekehrter Reihenfolge im Vergleich mit den Asymmetriekoeffizienten rangieren, da zwischen Exzess und Asymmetriekoeffizient eine negative Korrelation zu beobachten ist, — usw.

Aus dem Charakter dieser konstatierten Gesetzmässigkeiten geht nun hervor, dass die Etagen nicht — trotz ihres teilweise selbständigen »Horizontallebens» — voneinander isolierte biologische Schichten sind, sondern dass sie im Gegenteil, sogar in bestimmter Weise, wegen des Klassenumtriebs und der übrigen gemeinsamen Entwicklungserscheinungen, eine einheitliche Bestandesgesamtheit bilden, — wie übrigens auch natürlich ist.

Dass dieser Sachverhalt jedoch in seinen Folgen nicht bedeutet, dass

[1] Die durchschnittlichen (Durchmesser-) Asymmetrie- und Exzesskoeffizienten sind nebst ihren mittleren Fehlern folgende (über die Berechnung des mittleren Fehlers vgl. S. 122—123):

		MT	VT	CT
S_p	1.	$-0{,}240 \pm 0{,}042$	$-0{,}242 \pm 0{,}041$	$-0{,}288 \pm 0{,}036$
	2.	$0{,}122 \pm 0{,}051$	$0{,}088 \pm 0{,}052$	$-0{,}101 \pm 0{,}037$
	3.	$-0{,}086 \pm 0{,}057$	$-0{,}063 \pm 0{,}057$	$-0{,}097 \pm 0{,}039$
	4.	$+0{,}007 \pm 0{,}067$	$+0{,}037 \pm 0{,}072$	$+0{,}085 \pm 0{,}043$.
E_p	1.	$-0{,}005 \pm 0{,}021$	$-0{,}017 \pm 0{,}021$	$+0{,}029 \pm 0{,}018$
	2.	$-0{,}045 \pm 0{,}026$	$-0{,}051 \pm 0{,}026$	$-0{,}019 \pm 0{,}019$
	3.	$-0{,}035 \pm 0{,}029$	$-0{,}027 \pm 0{,}028$	$-0{,}011 \pm 0{,}020$
	4.	$-0{,}072 \pm 0{,}034$	$-0{,}057 \pm 0{,}036$	$-0{,}021 \pm 0{,}022$.

die mathematische Darstellung der Stammverteilung des Bestandes am besten durch die sog. einfache variationsstatistische Reihe vorgenommen würde, ist andrerseits klar; die feste biologische Zusammengehörigkeit der einzelnen biologischen Baumkategorien ist natürlich noch kein Zeugnis dafür, ob der Bestand als einfach in der erwähnten Art oder als sog. Komplexreihe anzusehen ist. Dies ist eine für sich zu untersuchende Sache.

* * *

Abgesehen von einigen vagen Mutmassungen darüber, dass die Stammverteilung des Bestandes möglicherweise Charaktermerkmale der Komplexreihe zeigen könnte,[1] hat man im allgemeinen angenommen, dass der Normalbestand recht konsequent die Variations- oder Differenzierungsgesetze der einfachen Verteilungsreihe befolgt. Demgemäss sind auch die Stammverteilungen der Bestände behandelt, ausgeglichen und akkommodiert worden, und auf diese Annahme sind im allgemeinen solche Zuwachs- und Ertragstafeln oder Bestandesallgemeinbilder basiert, bei deren Ausarbeitung man auch der detaillierteren Stammverteilung des Bestandes Aufmerksamkeit zugewandt hat.[2]

Die biologische Baumklassifizierung ermöglicht es nun, diese Sache näher zu untersuchen. Es ist nämlich klar, dass, falls in der Stammverteilung des Bestandes tatsächlich bedeutungsvollere Abweichungen im Vergleich zur einfachen Reihendarstellung zu beobachten sind, diese Abweichungen aus denselben Ursachen herrühren müssen, auf die sich auch die verschiedenwertigen biologischen Baumkategorien gründen. Die »Materialspaltungen», -erhebungen», -ausbauchungen» oder wie man diese »Ungleichmässigkeiten» im Material nennen mag, müssten deshalb wirklich am nächsten gerade mit den »Wellenbildungen» zusammenfallen, die sich aus dem Zusammenstossen der beobachteten besonderen biologischen Baumkategorien in der Gesamtvariation des Bestandes ergeben.

[1] Siehe S. 28 Fussnote 3.

[2] Die auf GAUSS' Fehlerkurve fussende einfache rechnerische Reihenausgleichung haben verwendet z. B. die früher genannten GRAM (1879 b etc.), H. und C. V. PRYTZ (1888 etc.), HORNEMANN (1891), CAJANUS (1914), Y. ILVESSALO (1920 b, c) — sowie, vor allem mit Heranziehung der graphischen Ausgleichung, ebenso z. B. SCHUBERG (1888), v. GUTTENBERG (1912), FLURY (1916). Die einfache Dezilenausgleichung hat andrerseits angewandt FEKETE (1902) und nach ihm z. B. SCHIFFEL (1903) RÓNAI (1914), WIMMER (1914), SCHOTTE (1916—1917), HAGELBERG (1918). — Vgl. S. 126—127 Fussnote.

Soweit sich derartige Übereinstimmungen tatsächlich systematisch konstatieren liessen, könnten diese »Abweichungen» bei der näheren Beschreibung und Normalisierung der inneren Strukturgestaltung des Bestandes vielleicht grundlegende biologische Bedeutung haben. Das mögliche Vorhandensein einer solchen Reihenreziprozität auf dem Gebiet der inneren Bestandesstruktur kann man nun untersuchen, indem man die Wirkungen der Stammverteilungen der auf Okularschätzung beruhenden biologischen Teilbestand-, Etagen- und Kronenklassen-Baumkategorien auf die Gestaltung der Stammverteilungsformen des gesamten Bestandes beobachtet und analysiert, — alles auf Basis durch exakte Brusthöhendurchmesserermittlung gewonnener äquidistanter mechanischer Frequenzdarstellung.

Zur Veranschaulichung dieser Untersuchung werden zunächst Fig. 41 und 42 über das unausgeglichene Material geboten. In der ersten Figur sieht man die Brusthöhendurchmesserverteilung von 10 (unter im ganzen 30) Probebeständen, sowohl als Bestandesgesamtheiten wie auch als Teilbestände (doppeletagenweise) dargestellt. Die Bestandesgesamtfrequenzen sind durch Durchmesserintervalle von sowohl einem wie zwei Zentimetern veranschaulicht. In Fig. 42 sieht man noch die Etagen- und Baumklassenfrequenzen eines Bestandes entsprechenderweise veranschaulicht. [1]

Die als möglich bezeichnete systematische Übereinstimmung zwischen gewissen charakteristischen Bildungen an den Stammverteilungslinien, einerseits der in Frage stehenden biologischen Baumkategorien und andrerseits des gesamten Bestandes, ist in diesem Material evident.

Abgesehen vom jüngsten Bestand (MT 14 J.), in dem die Durchmesservariationsweite noch sehr eng ist, zeigen nämlich alle durch ein Intervall von 2 cm abgebildeten (also von

[1] Die Durchmesserklassenfrequenzen hätten eigentlich gemäss der Arealfrequenzvergleichung durch genau berechnete Flächensäulen dargestellt werden sollen. Da aber die wichtigen Stammverteilungsdifferenzierungen durch diese Darstellungsweise nicht ganz anschaulich geworden wären, wurde die gebrochene Linie gewählt.

In Figur 41 veranschaulicht die untere Bruchlinie eine Stammverteilung mit 1 cm- und die obere eine Verteilung mit 2 cm-Durchmesserintervall. MT 14 J. ist nur durch ein Intervall von 1 cm dargestellt; für Individuen unter Brusthöhe werden die Bezeichnungen 0 und —1 verwendet.

der vorgenommenen biologischen Klassifikation unabhängigen) Frequenzbruchlinien des Bestandes (obere Linie) auffällige Doppelverteilungen, in denen die Hauptgipfel, entweder ganz genau oder mit der Genauigkeit von einem Intervall, den Spitzen I und II der herrschenden und beherrschten Bäume (der zwei Teilbestände) der biologischen Höhenklassifizierung entsprechen. — Einer solchen Übereinstimmung muss ausserordentliche Bedeutung zugesprochen werden.

Prüft man weiterhin die Frequenzlinien von 1 cm (die unteren) und vergleicht sie mit den Durchmesserfrequenzlinien der geschätzten vier Etagen, so bemerkt man, dass sich auch diese Gipfel teilweise in den Gesamtfrequenzlinien widerspiegeln. Da sich jedoch die praktische Forstarbeit im allgemeinen mit dem 2 cm-Intervall begnügt und diese feineren Komplexerscheinungen entweder verschwinden oder nur noch als relativ schwache Ausdrücke in dieser weiteren Intervallteilung bemerkbar sind, ist die Bedeutung der von den vier Etagen bewirkten Differenzierungen als gering und mithin vielleicht auch als teilweise zufällig zu betrachten.[1]

Schliesslich rufen auch die echten Baumklassen in gewisser Beziehung unbedeutendere Ungleichmässigkeiten in der Gestaltung der Durchmesserverteilung hervor. Besonders bei einer Gesamtverteilungslinie von 1 cm bemerkt man nämlich neben den obengenannten Gipfeln gewisse sekundäre kleinere Gipfel. In gewissen Fällen entsprechen die sichtbareren von ihnen ziemlich gut den Spitzen der verschiedenen Baumklassen. Dies betrifft besonders die Baumklassen der Oberschicht, von denen besonders die a-Bäume auffälliger sind. Vgl. Fig. 42.

Die von den Baumklassen hervorgerufenen Gipfelbildungen schrumpfen jedoch im allgemeinen zu recht unbedeutenden Ungleichmässigkeiten zusammen, wenn man vom 1 cm-Intervall zu dem von 2 cm übergeht.

[1] Dies verringert natürlich nicht die Bedeutung der vier Etagen bei der Charakterisierung der Schichtungserscheinung selbst. In der Tat stützt vielmehr die in der Durchmesserverteilung beobachtete signifikante Doppelkomplexität diese vierteilige Höhenetagierung — welche vier Etagen, paarweise kombiniert, jene bemerkenswerte Höhenzweiteilung bilden — gegenüber eventuellen anderen vorgeschlagenen Etagierungen (z. B. drei od. fünf Etagen).

Erwähnt sei auch, dass die konstatierten Übereinstimmungen der charakteristischen Bildungen in den in Frage stehenden Frequenzlinien die bei der Etagenschätzung verwendeten »Beherrschungs»-Gesichtspunkte prinzipiell als richtig sowie deren erfolgreiche Anwendung als möglich erweisen.

Die durch die Baumklassen veranlassten vagen Gipfelbildungen in der Durchmesserverteilung des Bestandes kann man somit wohl auch, wie die der erwähnten genaueren Etagenvierteilung, vom Standpunkt der praktischen Stammverteilungsdarstellung betrachtet, als minder bedeutungsvoll ansehen. —

Als Ergebnis der vergleichenden Untersuchung über die Form der Stammverteilung des Bestandes bei unausgeglichenem Naturmaterial sei auf Grund des Obigen u. a. erwähnt, dass die Stammverteilung des Bestandes in bezug auf den Brusthöhendurchmesser eine typische Komplexreihe zu befolgen scheint, und dass die Komplexität der Reihe aus der auf dem »Beherrschungs»-Prinzip fussenden primären zweistufigen Höhenschichtung resultiert.

Weiterhin sei geprüft, zu welchen Ergebnissen man kommt, wenn der Untersuchung die ausgeglichenen Charakteristikumwerte der untersuchten biologischen Baumkategorien zugrunde gelegt werden.

Diese Untersuchung wird am besten auf Grund der vier Etagen vorgenommen. Es kann nämlich von Interesse sein zu sehen, in welchem Masse die auf unausgeglichenes Material gegründete Annahme, dass vor allem nur der Einfluss von zwei Teilbeständen für die Durchmesserverteilung Bedeutung besitzt, stichhaltig ist, wenn die Untersuchung auf Grund von ausgeglichenen Charakteristikumwerten geschieht. — Nach dem, was die obige Untersuchung über die Baumklassen zutage gefördert hat, wurde es nicht für nötig erachtet, sie in dieser Untersuchung zu berücksichtigen.[1]

Das Verfahren war folgendes.

Unter Verwendung der ausgeglichenen N-, D_1-, σ_D-, S_D- und E_D-Werte der Etagen wurden die ausgeglichenen akkommodierten Durchmesserverteilungskurven berechnet, aus denen dann durch Kombination zunächst die Frequenzkurven der herrschenden und beherrschten Bäume

[1] Was die Frage betrifft, ob das angewandte mathematisch-statistische Reihencharakterisierungsverfahren geeignet ist, die Durchmesserverteilungsreihen der Etagen darzustellen, so hat jedenfalls nicht das hier zur Untersuchung vorliegende Material gegen eine solche Anwendung gesprochen. Vgl. Fig. 41 und 42. Die einzigen Abweichungen, bei denen ein etwaiger systematischer Charakter zu beobachten war, waren von den Baumklassen hervorgerufen, also Ungleichmässigkeiten von geringer Bedeutung.

und aus diesen weiterhin die entsprechenden Bestandesgesamtkurven erhalten wurden. Die Untersuchung wurde bei den ungeraden Altersjahrzehnten des Bestandes vorgenommen. Über die Ergebnisse siehe Fig. 43.

Wie zu erwarten, führten die Ausgleichungswerte zu den nämlichen Ergebnissen wie schon vorher die Musterung des unausgeglichenen Materials. Diese Untersuchung bestätigte so in ihrer Weise die Schlussfolgerung, dass die Brusthöhendurchmesserverteilung des Bestandes die Variationsgesetze einer solchen Doppelkomplexreihe befolgt, deren Faktoren die zwei primären Höhenteilbestände (die herrschenden I und die beherrschten II Bäume) sind. Die Unteretagen dieser Höhenteilbestände (1 und 2, bzw. 3 und 4) verschmelzen dabei zu einfachen Hauptfolgen (I und II).

Die Fälle, die in Fig. 43 dargestellt sind, vertreten recht verschiedene Entwicklungsphasen. Ein 90-jähriger Bestand zeigt nämlich schon an sich bei verschiedenen Waldtypen eine merkliche Entwicklungsamplitude, und ausserdem werden vom V-Typ noch die Frequenzkurven von 30- und 150-jährigen Beständen geboten.

Die paarweise Verschmelzung der Etagen zu einfachen Teilbestandesreihen geschieht in allen Altersstufen gleich regelmässig und vollständig.[1] Dagegen tritt die Komplexerscheinung in ihrer vollen Bedeutung erst in der ersten Hälfte des mittleren Alters auf, wo die Oberschichtfrequenz relativ an Gewicht und die Durchmesservariationsweite an Umfang mehr zunimmt.[2]

Besonders markant ist die Komplexkurve, wenn sie mit der einfachen, akkommodierten sowie mit der Normalkurve verglichen wird. In Fig. 43 ist auch ein solcher Vergleich angestellt (Figuren rechts unten).

[1] Eine solche vollständige Verschmelzung ist auch vom Standpunkt der blossen Ausgleichungstechnik aus interessant. Wenn man nämlich weiss, dass im allgemeinen jede Ausgleichung dem Material mehr oder weniger Gewalt antut, so ist eine solche ausnahmslose harmonische Verschmelzung zweier getrennter Reihen eine Erscheinung, die wohl auf einer bedeutsamen biologischen Gesetzmässigkeit beruhen muss. Um so überzeugender erscheint auch deshalb die oben charakterisierte Doppelreihung.

[2] Dass auch die Höhenverteilung wahrscheinlich keine einfache Reihenform befolgt, sondern ebenfalls den Doppelkomplexreihenhabitus aufzuweisen scheint, ist durch genaue Bestandeshöhenklassifizierung zu erweisen. Als Beispiel hierfür sei von den S. 98 erwähnten, beim C-Cl-Typ vorgenommenen Höhenverteilungsuntersuchungen folgendes Ergebnis angeführt (C-ClT, 55 J., 0,25 ha, Intervall 1 m):

Intervall:	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13	13—14 m
Frequenz:	6	19	52	54	63	65	70	81	89	89	76	31	4	2 St.

Man sieht, wie bedeutend sich diese Kurven voneinander unterscheiden. Die Gewalt, die dem Material bei Anwendung der einfachen Ausgleichung angetan wird, ist nicht gering. Der Fehler ist fast überall merkbar, indem er sich besonders um den Mittelwert herum recht bedeutend gestaltet und im unteren Variationsgebiet biologisch sogar unmögliche Dimensionen im Gefolge hat.

Vergleicht man nämlich die im Material aufgetretenen Minimalvarianten (Fig. 33) mit den vorgenommenen Ausgleichungen, so bemerkt man, dass die Komplexkurve gut ihren Zahlenwerten folgt, während die einfache Gesamtfrequenzkurve regelmässig die von der Natur gewiesene Grenze hier überschreitet.[1] So besitzt z. B. ein 90-jähriger mit der einfachen Variationskurve normalisierter Kiefernbestand vom C-Typ noch 1 cm starke, also noch nicht sehr lange zur Brusthöhe herangewachsene Individuen.[2]

Prüft man drittens noch die von anderen Forschern veröffentlichten Stammverteilungsprobemessungen, so bestätigen auch sie, insoweit sie mit den jetzt untersuchten normalen Naturbeständen vergleichbar sind, die hier gezogenen Schlüsse. In recht vielen Fällen kann man in ihnen derartige Kurvengipfel bemerken, von denen hier die Rede war. Es seien z. B. die von folgenden Forschern mitgeteilten unausgeglichenen, teils die Durchmesser-Stammzahlen-, teils die Durchmesser-Grundflächenverteilungen angebenden Diagramme erwähnt: GRAM (1883, Tab. VI—VII), FLURY (1903, Tafel I[a] ff.), CAJANUS (1914, Diagramme am Schluss), Y. ILVESSALO (1920 b, Fig. Nr. 1—3), SCHOTTE (1920—1924).

Die obige Entscheidung in der Frage betreffs der Form der Durchmesserverteilung ist somit auf verschiedene Weise und mit erwähnenswerter Sicherheit bestätigt worden. Die von BURCKHARDT Mitte des 19. Jahrh. vorgenommene, auf dem »Beherrschungsprinzip» fussende Bestandeszweiteilung, die später bei so vielen biologischen Baumklassi-

[1] Durch einfache Variation ausgeglichene Etagen-Durchmesservariationsweiten stehen dagegen in gutem Einklang mit den Grenzvarianten des Materials; gewissermassen also ein Zeugnis dafür, dass das Verfahren sich zur Charakterisierung der Durchmesservariation der Etagen eignet.

[2] Wie man aus Fig. 33 ersehen kann und auch früher schon erwähnt wurde, erreicht das kürzeste Baumindividuum eines normal entwickelten Calluna-Kiefernbestandes die Brusthöhe spätestens mit ca. 50 Jahren. 1 cm starke Individuen sollten also in einem 90-jährigen Bestande nicht mehr auftreten.

fikationen angewandt worden ist (vgl. S. 29), hat sich somit in ihrer Weise als die bedeutungsvollste Massnahme einer solchen Klassifikation erwiesen.

Welches die tieferen Ursachen für eine solche Komplexerscheinung in der Stammverteilung sind, lässt sich hier nicht mit Sicherheit konstatieren. Eine endgültigere Antwort hierauf dürften nur langanhaltende vergleichende, auf festen Versuchsflächen angestellte Untersuchungen geben können. Eine solche Untersuchung gehört also am nächsten zum Arbeitsfeld der forstlichen Versuchsanstalten. —

Eine in biologischer Hinsicht möglichst richtige Beschreibung und Normalisierung der Stammverteilung des Bestandes ist, wie bekannt, auf dem Gebiete der praktischen Forstwirtschaft von beträchtlicher Bedeutung.

Die Grundfläche.

Die Werte und die Verteilung der Grundfläche sind bereits durch die vorangegangenen Stammzahlen- und Brusthöhendurchmesserbestimmungen und -ausgleichungen im voraus bestimmt worden.

Mit Hilfe der Formeln S. 101 Fussn. 1 kann man die Grundfläche durch das arithmetische Brusthöhendurchmessermittel und die *D*-Dispersion, bzw. die Stammzahl bestimmen. — Sowohl die Gesamtgrundfläche als die mittlere Grundfläche sind hier für die Baumklassen und Etagen wie für die Bestandesgesamtheit berechnet. Die Ausgleichungswerte sind direkt aus den ausgeglichenen Faktorenwerten der Grundfläche gewonnen.

Die Material- und Ausgleichungszahlenwerte brauchen hier wohl nicht näher vorgeführt zu werden. Eine graphische Darstellung der wichtigsten Werte dürfte genügen. Vgl. Fig. 44—48.

Fig. 44, aus der die Entwicklung der Gesamtgrundfläche des Bestandes hervorgeht, ist schon oben im Zusammenhang mit der Homogenitätsfrage des Bestandesmaterials erwähnt worden (S. 142). Fig. 46 stellt die Gesamtgrundfläche der Etagen dar. — Die Grössenunterschiede der Grundflächenbeträge der verschiedenen Waldtypen gehen deutlich aus diesen Figuren hervor.

Aus Fig. 45 ergeben sich die mittleren Grundflächen der Etagen und des Bestandes. Das Mittel, das hier in Anwendung gekommen ist, ist natürlich das mit der Stammzahl gewogene arithmetische

$$g_1 = \frac{\sum g N}{\sum N},$$

oder

$$g_1 = \frac{\Sigma G}{\Sigma N},$$

wo g_1 die auf die erwähnte Weise definierte mittlere Stammgrundfläche (der Etage, des Bestandes), g die Grundfläche des Mittelstammes der Baumgruppe oder -stufe und G die Gesamtgrundfläche derselben bezeichnet. — Dieser Lösung entspricht, wie bekannt, das quadratische Durchmessermittel D_2. Die den im vorhergehenden Kapitel vorgeführten noch höheren Durchmessermitteln des Bestandes entsprechenden mittleren Grundflächen graphisch darzustellen, ist hier kein Anlass gewesen. — Vgl. S. 211—213, sowie 98—102. —

In Fig. 47 werden die Grundflächen der Etagen in Prozenten von der Grundfläche des Bestandes aufgeführt. Solange als die Oberbäume allein die Brusthöhe überschritten haben, macht deren Grundfläche 100 % aus. Dies ist durch eine kleine Wagrechte bei der 100 %-Linie angedeutet. Erst wenn die ersten mitherrschenden Bäume die Brusthöhe durchbrechen, beginnt der Grundflächenprozentbetrag der Oberbäume zu sinken.

In Fig. 48 sind schliesslich die prozentualen Grundflächenbeträge sowohl der Etagen wie der Baumklassen von der Grundfläche des Bestandes vermerkt. — Es schien nicht angezeigt, die Zahl der Figurentafeln dadurch zu vermehren, dass die Baumklassen noch auf andere Weise zur Darstellung kämen. Vollständiger sind die Baumklassen bei der Volumcharakterisierung abgebildet worden. Die Grundflächen- und Volumdarstellungen sind auch von recht ähnlicher Form.

Bei einem Vergleich der Grundflächen-Prozentkurven in Fig. 47 und 48 mit den entsprechenden prozentualen Stammzahlenkurven in Fig. 5 und 8 sieht man deutlich, wie der Schwerpunkt in den Grundflächenkurven nach den höheren Etagen und »besseren« Baumklassen gerückt ist, wegen der diesen entsprechenden grösseren mittleren Durchmesser. Die bei der Stammzahl reichliche Grundschicht ist bei der Grundfläche nunmehr recht unbedeutend, während die Bedeutung der Oberbäume gewaltig gewachsen ist.[1]

Anstelle der im vorigen Kapitel erörterten und veranschaulichten Darstellungsweise der Stammzahlenverteilung in bezug auf den Brusthöhendurchmesser wird bisweilen die der Grundflächen-

[1] Die Grundflächenanteile der a-Klasse der Grundbäume wie die der B-Gruppe sind wegen ihrer Kleinheit nicht in Fig. 48 ersichtlich.

verteilung, auch in bezug auf den Brusthöhendurchmesser, angewandt (als Abszisse der Brusthöhendurchmesser, als Ordinate die Grundfläche der entsprechenden Klasse; Gram 1883, S. 158 ff.).

Dieses Verfahren, dessen Hauptzweck es war, anstelle der negativ schiefen Stammzahlenfrequenzkurve nach Möglichkeit eine nahezu symmetrische Kurve zu erhalten, von der dann der mittlere Durchmesser höheren Grades leicht zu bestimmen wäre (der Mode entsprechender Durchmesser), kann nicht besonders empfohlen werden. Teilweise nämlich schwankt die Grösse der Schiefe der Reihen, wie beobachtet, so dass die Frequenzkurve nur in Ausnahmefällen symmetrisch wird, — zweitens entspricht die Mode theoretisch keinem bestimmten anderen statistischen Mittel, — drittens erhält man die gewöhnlich gewünschten mittleren Durchmesser höheren Grades genau und relativ leicht mit gewissen Hilfsformeln (vgl. z. B. hier S. 100 sowie 212), — viertens ist die Darstellung der Grundflächenkurve schwieriger als die der Stammzahlenfrequenzkurve, — und fünftens gestaltet sich die Ausgleichungsarbeit, besonders bei der Komplexkurve, kompliziert, wenn die Grundfläche zugrunde gelegt wird. Gram, der Begründer dieser Grundflächendarstellung, bezweifelt selbst auch die Verwendbarkeit der Kurve in Fällen, in denen die Frequenzkurve reichlichere Variation zeigt (S. 163—164). — Zur Vorführung von Grundflächenverteilungskurven lag hier daher kein Anlass vor.[1]

Das Volumen.

In Tab. XV finden sich von den der Natur entnommenen Baumklassen-Probestämmen die Volumina ohne Rinde, korrigiert in der S. 112—113 erörterten Weise.[2]

Zur Vermittlung einerseits zwischen diesen Einzelvolumina ohne Rinde und den entsprechenden Gesamtvolumina und andrerseits den Brusthöhendurchmessern bzw. -grundflächen über die Rinde gemessen sowie den Höhen dient die zweifache Brusthöhenrindenstärke, bzw. der ihr entsprechende Grundflächenanteil, sowie die

[1] Vgl. in diesem Zusammenhang die Ausführungen S. 152, wo über den Betrag und die Form der die Geschlossenheit betreffenden Verhältnisse die Rede war (Fussnote).

[2] Unter dem Volumen wird hier somit das Volumen des Stammkörpers ohne Rinde vom Bodenpunkt aus verstanden. Der Kubikinhalt der übrigen Teile des Baumes wie auch das sog. Derbholz ist hier nicht näher untersucht worden.

Tabelle XV. **Korrigierte Volumina (ohne Rinde) der Baumklassen-Probestämme der Probebestände (m^3).**

Waldtyp	Bestandesalter	Probestammvolumina der echten Baumklassen											
		1			2			3			4		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
MT	14	0,0078	0,0058	0,0049	0,0037	0,0031	0,0025	0,0015	0,0016	0,0010	0,0006	0,0004	0,0002
»	19	0,0203	0,0133	0,0120	0,0092	0,0096	0,0068	—	0,0038	0,0028	—	0,0014	0,0007
»	30	0,1014	0,0783	0,0604	0,0548	0,0470	0,0399	0,0325	0,0300	0,0261	0,0162	0,0142	0,0082
»	47	0,2210	0,1953	0,1548	0,1100	0,1227	0,0818	0,0608	0,0613	0,0454	—	0,0268	0,0256
»	69	0,4254	0,3155	0,2831	0,2454	0,2534	0,1765	0,1467	0,1616	0,1057	0,1064	0,0866	0,0589
»	78	0,6662	0,4731	0,4672	0,3756	0,3308	0,2876	0,2317	0,2270	0,1882	0,1318	0,1247	0,0737
»	96	0,8483	0,6821	0,5824	0,4794	0,4908	0,3839	0,3444	0,3674	0,2241	0,1495	0,2047	0,1332
»	103	1,2075	1,0207	0,9074	0,5762	0,5558	0,5496	0,3577	0,4232	0,3333	0,1986	0,2357	0,2297
»	136	1,1286	1,1289	1,0327	0,7374	0,7734	0,6544	0,6123	0,4608	0,4007	0,3670	0,3151	0,2362
»	146	1,4619	1,3565	1,3154	1,1202	1,1001	0,7810	0,7562	0,6694	0,6239	0,6071	0,4584	0,4409
VT	14	0,0040	0,0030	0,0027	0,0020	0,0014	0,0013	0,0010	0,0008	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002
»	27	0,0221	0,0185	0,0147	0,0079	0,0091	0,0076	0,0048	0,0037	0,0031	0,0010	0,0015	0,0009
»	50	0,1410	0,1171	0,0930	0,0717	0,0633	0,0513	0,0382	0,0351	0,0315	0,0261	0,0214	0,0180
»	70	0,2495	0,2016	0,2220	0,1426	0,1389	0,1128	0,0816	0,0764	0,0728	0,0545	0,0440	0,0386
»	76	0,3107	0,2668	0,2553	0,1955	0,1662	0,1291	0,1143	0,1113	0,0835	0,0587	0,0659	0,0617
»	90	0,6380	0,4909	0,4384	0,3680	0,3265	0,2958	0,2345	0,2276	0,1964	0,1425	0,1366	0,1046
»	102	0,5800	0,5016	0,3942	0,3384	0,3050	0,2667	0,2214	0,1954	0,1783	—	0,1175	0,0930
»	115	0,7777	0,7204	0,4734	0,4282	0,4141	0,3114	0,2572	0,2031	0,2308	0,1364	0,0977	0,1367
»	130	0,6449	0,5466	0,5175	0,3493	0,3737	0,2977	0,2165	0,2177	0,2240	0,1262	0,1547	0,1295
»	156	0,8849	0,7608	0,7807	0,5238	0,5361	0,4544	0,3030	0,3723	0,2830	0,1800	0,1644	0,1628
CT	14	0,0010	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	+	+	+
»	35	0,0114	0,0085	0,0057	0,0057	0,0043	0,0027	0,0025	0,0016	0,0013	0,0008	0,0004	0,0006
»	45	0,0313	0,0210	0,0174	0,0135	0,0121	0,0092	—	0,0047	0,0043	—	0,0012	0,0013
»	50	0,0649	0,0485	0,0316	0,0297	0,0239	0,0249	0,0138	0,0139	0,0099	0,0047	0,0049	0,0036
»	64	0,0876	0,0719	0,0544	0,0376	0,0318	0,0254	0,0118	0,0111	0,0097	0,0041	0,0027	0,0025
»	87	0,2388	0,1731	0,1401	0,0986	0,0877	0,0677	0,0510	0,0557	0,0400	0,0202	0,0139	0,0117
»	96	0,1850	0,1438	0,1392	0,0854	0,0644	0,0576	0,0448	0,0400	0,0392	0,0230	0,0200	0,0133
»	102	0,3828	0,3173	0,2919	0,2410	0,1949	0,1479	0,1172	0,1420	0,1017	0,0464	0,0540	0,0425
»	130	0,4251	0,3431	0,3304	0,2262	0,2425	0,1694	0,1243	0,1043	0,0728	0,0480	0,0420	0,0357
»	159	0,5335	0,4445	0,3650	0,3196	0,3167	0,2353	0,1685	0,1536	0,1088	0,0913	0,0716	0,0594

relative Brusthöhenvolum- oder sog. Brusthöhenformzahl ($F_{1,3}$) des Stammkörpers ohne Rinde. Diese Charakteristika werden graphisch in Fig. 49 (doppelte Brusthöhenrindenstärke in Prozenten vom entsprechenden Durchmesser einschl. Rinde) und Fig. 50 ($F_{1,3}$) dargestellt. In Fig. 51 wird ausserdem die Entwicklung der entsprechenden Formhöhe (FH) veranschaulicht.

* * *

Die Brusthöhenrindenstärke. — Die Stärke der Kiefernrinde schwankt in der Brusthöhe, wie bekannt, beträchtlich. Die Sache mag durch einige Beispiele aus Finnland und Schweden beleuchtet werden. Die untenstehenden, bei verschiedenen Untersuchungen erhaltenen mittleren Werte beziehen sich auf die doppelte Rindenstärke in Brusthöhe, in Prozenten vom entsprechenden Durchmesser einschl. Rinde:

Holmerz u. Örtenblad (1886, S. 24),	Schweden, Norrbotten	7,2	%
Y. Ilvessalo (1916, S. 56),	Finnland, Salmi, Oberb. MT	7,5	»
»	» » » » CT	9,0	»
Jonson (1911, S. 302*),	Schweden, hochnordische Kiefer[1]	9,0—8,2	»
Örtenblad (1894, S. 20),	» Västerbotten etc.	9,0	»
Maass (1908, S. 265),	» Särna in Dalekarlien[2]	9,3	»
Normelli (1897, Tab. 13),	» unterer Dalelfven[1 3]	11,0	»
Jonson (1911, S. 302*),	» mittelschwedische Kiefer[1] ..	11,0	»
Petrini (1921, S. 172),	» Västerbotten	11,4	»
Lovén (1891, S. 10),	» Värmland[1 3]	11,5—11,8	»
Maass (1911 a, S. 144),	» das ganze Land	12,0	»
E. Lönnroth (1915, Dg. XXXVIII),	Finnl., Kauttua, Sägeb.[4]	12,4	»
Kommissionen f. f.— i Värml. (1914, S. 125),	Schweden, Värmland[1]	12,6—12,0	»
Jonson (1911, S. 308*),	Schweden, süd- u. ostschw. Kiefer[1]	13,0	»

[1] Nach Wretlind (1917, S. 53).

[2] Nach der Mittelwertberechnung des Verf. nach Maass' Material.

[3] Brusthöhe in 1,5 m über dem Boden.

[4] Die angegebene mittlere Zahl fusst auf einer Untersuchung von 236 Nutzkiefern. (Die Bäume waren grösstenteils in 6 m Höhe 6″—12″ stark.) Die Rinde wurde in der Weise untersucht, dass mit dem Stemmeisen ein Loch in die Rinde bis zum Holz gestossen und die Tiefe dieses Lochs mit einer besonderen »Kluppenskala» gemessen wurde. Bei ergiebigeren Waldtypen war die Rindenstärke durchschnittlich etwas unter 12 % und bei geringeren ca. 13 % oder etwas mehr.

MATTSSON (1916–1917, S. 271–272),		Voxna in Hälsingland	12,7–13,6	%
»	»	»	15,6–12,2	»
»	»	»	15,8–13,8	»
JONSON (1918, S. 82),		extra dickrindige Kiefer	16,0	»
WRETLIND (1917, S. 53),		Leufsta	16,0–16,0	»
»	»	»	18,1–18,2	»
»	»	»	18,9–19,8	»
JONSON (1918, S. 82),		ungewöhnl. dicke Rinde	19,0	»

[1] [2]

Die Amplitude, in deren Grenzen die Rindenmittelwerte schwanken, ist somit ausserordentlich gross, — noch grösser ist sie in Einzelfällen.[3] Nach einigen erwähnten schwedischen Untersuchungen scheint die Rinde nach Norden zu etwas dünner zu werden. Die Angaben stimmen jedoch keineswegs miteinander überein. Auf jeden Fall zeigen die Untersuchungen, dass die Rinde auch in derselben Gegend ungemein stark variieren kann. Die Praxis lehrt auch, dass bei zwei benachbarten, sonst ganz gleichartigen Baumindividuen die Rinde bei dem einen zur dünnsten, bei dem anderen zur stärksten Qualität gehören kann.

Somit durfte man auch bei dem hier untersuchten Material erhebliche Schwankungen in der Rindenstärke in Brusthöhe erwarten, und so war es auch. Die Variationen waren hier so gross, dass die Ausgleichung der Rinde, nach Art der sonstigen einheitlichen Ausgleichung des Materials, beträchtliche Schwierigkeiten verursacht hat.

Das Material gestattete nicht die Anwendung völlig klarer Ausgleichungsprinzipien. Die Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Waldtypen, Altersklassen und biologischen Baumklassen waren mithin so gering, dass den Ausgleichungen, die hier trotzdem — wegen einer das ganze Material begreifenden einheitlichen Ausgleichung — vor-

[1] Die Rindenstärke der Kiefer haben in Finnland auch z. B. TANTTU (1909) und LAKARI (1920 c, S. 161 ff.) untersucht. Da in ihren Arbeiten jedoch keine Brusthöhenzahlen publiziert worden sind, sind sie hier unberücksichtigt geblieben.

[2] Die doppelten Zahlenangaben im Verzeichnis bedeuten Schwanken des Prozentbetrages je nach dem Durchmesser; die erste Zahl bezieht sich auf ca. 10—15 cm, die zweite auf ca. 30—50 cm Durchmesser.

[3] Einigermassen können die verschiedenen Rindenuntersuchungsmethoden (Messung der Rinde von oben und unten mit Kluppe, im Querschnitt mit Messlineal, mit PRESSLER's Zuwachsbohrer, mit durch die Rinde gehendem Rindenstichel) einwirken, aber auf keinen Fall sehr bedeutend in so weiten Variationsgrenzen.

genommen werden mussten, keine grössere Bedeutung beigemessen werden kann. Die Ergebnisse sind also recht bedingt, obwohl hier andrerseits auch wegen der übrigen Charakteristikum-Reihenausgleichungen kaum andere Prinzipien als die hier verwendeten herangezogen werden konnten. — Eine solche Unbestimmtheit hinsichtlich der Rinde steht also nur in Einklang mit den Tatsachen des obigen Rindenverzeichnisses.[1]

Abgesehen nun von den Rindentypenverschiedenheiten, die auch dieses Material offensichtlich zeigt und die die beobachtete bedeutende Variation hervorrufen, scheint jedoch in dem Material eine Art Gesetzmässigkeit hinsichtlich Alter und Beherrschungsprinzip zu bestehen. Die prozentuale Rindenstärke scheint nämlich mit wachsendem Alter zu sinken, ebenso wie sie durchschnittlich in der Grundschicht am höchsten und in der Oberschicht am niedrigsten ist. (Die Baumklassen innerhalb der Etagen zeigten keine systematischen Verschiedenheiten untereinander.) In höherem Alter geschieht hier eine ähnliche Stabilisierung wie bei manch anderem oben untersuchtem Charakteristikum. (Vgl. Fig. 49.)

[1] Ein Beispiel von den Rindenvariationen des Materials sei angeführt. Von den zwei letzten Probebeständen des M-Typs (136 und 146 J.; beide liegen in Tammela und recht nahe beieinander) zeigt der ältere relativ grösseren mittleren Durchmesser, grössere Mittelhöhe und Grundfläche (Fig. 27, 12 u. 44), aber kleineren Volumbetrag ohne Rinde (Fig. 57). Dies erklärt sich aus dem bedeutenden Unterschied in der Rindenstärke (in der Form sind nämlich keine erwähnenswerten Unterschiede zwischen den Probestämmen dieser Bestände). Die mittleren Rindenstärken in den einzelnen Etagen sind nämlich:

Etage:	1	2	3	4	
136 J.:	7,6	9,1	10,3	9,9	%
146 J.:	14,4	12,7	11,7	10,5	»

In der Oberschicht, die am meisten auf das Volumen einwirkt, ist die Rinde des älteren Probebestandes fast zweimal stärker als die des ersteren.

Auch ein Vergleich zwischen den einzelnen Etagen zeigt entgegengesetzte Reihen. Bei dem 146 J. alten Bestand wird die Rinde dünner, aber bei dem 136 J. zählenden wird sie durchschnittlich stärker nach den Grundbäumen zu.

Berücksichtigt man, dass die Verschiedenheiten zwischen diesen beiden Probebeständen mithin besonders auffällig und dass die individuellen Schwankungen der Probestämme gering sind, so ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Bestände zwei verschiedene Rindentypen vertreten. Vom Standpunkt der Rinde aus beurteilt, wäre somit ihre Vereinigung zur selben Ausgleichung nicht sachgemäss. Da die Rindenuntersuchung hier jedoch nur ein unbedeutendes Detail ist, schien es nicht weiter geboten, das Material nach höchst unbestimmten Typen zu zerlegen.

Die erwähnte Gesetzmässigkeit würde bedeuten, dass die relative Rindenstärke sinkt, während Höhe bzw. Durchmesser zunehmen, bis in späterem Alter eine Art Gleichgewichtszustand erreicht wird. Gleichartige Beobachtungen zeigen mehrere der oben zitierten Untersuchungen, und besonders sind zwei von den MATTSSON'schen Proben, die beide einen Bestand begreifen, hier zu erwähnen (vgl. seine diesbezügliche Figur). In gleicher Richtung weisen auch EIDE's Untersuchungen (1923 a, S. 99 und 103). Nach EIDE »sinkt» nämlich bei zunehmendem Durchmesser die Stammform, und die relative Rindenstärke nimmt ab.[1] —

Was die Höhe des Rindenprozentsatzes in dieser Untersuchung anbelangt, scheinen die Werte im höheren Alter sich zwischen den vom Verf. oben (1915) und von Y. ILVESSALO vorgeführten Zahlenwerten einzureihen (jüngere Altersklassen können nicht verglichen werden, da die erwähnten Untersuchungen keine solchen enthalten). Die vom Verf. in Kauttua gefundenen Prozentwerte sind beträchtlich höher als die hier erhaltenen Werte, was zeigt, dass die Kiefer der erwähnten Gegend zum »dickrindigen» Typ zu gehören scheint. Von den Zahlenergebnissen ILVESSALO's stimmen die Oberbäume des C-Typs ziemlich gut mit den entsprechenden Stämmen des Verf. zusammen (ILVESSALO 9,0 %, und lässt man einen extremen Stamm aus, 9,3 %, — Verf. 9,6 %). Dagegen passen die Zahlenwerte des M-Typs nicht zusammen. ILVESSALO's M-Typ zeigt einen niedrigeren Prozentwert als der C-Typ, und dasselbe ist der Fall im Material des Verf. aus Kauttua (freilich mit ca. 4 % höheren Mittelwerten als ILVESSALO's Material), aber das hier vorliegende Material zeigt den entgegengesetzten Fall. Die Ursache dazu können zufällige Umstände sein, aber vermutlich ist das Wichtigste dabei, dass die Probebestände des C-Typs im wesentlichen aus anderen Gegenden stammen als die Bestände der untersuchten ergiebigeren Typen. Ein Rindenvergleich zwischen Salmi und Kauttua macht dies wahrscheinlich. — Bei einem Vergleich der hier vom Verf. gewonnenen Ergebnisse mit den schwedischen Rindenprozenten scheinen die Zahlen des ersteren den schwedischen für dünnere Rinde mehr zu entsprechen.

* * *

[1] Übrigens ist zu beachten, dass die erwähnten früheren Untersuchungen nicht auf Grund der biologischen, sondern der allgemeinmechanischen Baumklassifikation vorgenommen wurden, so dass die Grundsätze u. a. wegen dieses Verhaltens nicht immer deutlich zutage treten konnten.

Die relative Brusthöhenvolum- oder Brusthöhenformzahl ($F_{1.3}$) des Stammkörpers ohne Rinde.[1] — Auch dieses Charakteristikum zeigt in dem hier untersuchten Material recht bedeutende Grössenvariationen. Fig. 50.

In welchem Masse diese Schwankungen auf tatsächlicher Stammformvariation beruhen und in welchem Masse auf der Eigenvariation der Anschwellung des unteren Stammteils, soll im Zusammenhang mit der geplanten genaueren Stammformuntersuchung zu ermitteln versucht werden. Ohne weiter auf die Grundfragen einzugehen, wird hier nur konstatiert, dass der Brusthöhendurchmesser einschl. Rinde, als Teilfaktor bei der Bestimmung der Form des Stammkörpers unter der Rinde, eine merkliche Unsicherheit mit sich bringt.

Trotzdem ist die Brusthöhenformzahl für den Stamm unter der Rinde zu untersuchen, aber wie erwähnt, nicht als eigentliches Formcharakteristikum, sondern nur als notwendige Zwischenzahl zwischen gewissen weiter oben schon zur Untersuchung gekommenen Charakteristika und dem jetzt zu behandelnden Volumen. —

Wie bekannt, sinkt die Formzahl bei wachsendem Alter jedenfalls deshalb, weil die Höhe wächst. Wie Fig. 50 zeigt, wird dies Sinken jedoch schon in den mittleren Altersstufen bedeutend schwächer, indem es in späterem Alter völlig aufhört, und zwar, wie sich zeigt, vor dem Abschluss des Höhenwachstums. Besonders beim C-Typ ist diese Erscheinung recht auffällig. Dies würde dann bedeuten, dass die Stammform wenigstens in höherem Alter »besser« wird.

Bei einem Vergleich der Formzahlen der verschiedenen Etagen miteinander bemerkt man recht deutliche Unterschiede zwischen ihnen, wie auch ganz natürlich ist. Je weiter man im Kronendach nach unten kommt, um so höher ist diese Zahl durchschnittlich.

Diese Zunahme wird natürlich vor allem von der Höhe veranlasst. Dass jedoch die Höhe hier nicht allein bestimmend ist, sieht man aus dem unregelmässigen Verhältnis zwischen den Formzahlen der einzelnen Etagen, das besonders in den Beständen des M- und des V-Typs zu beobachten ist. Die Mittelschichten zeigen nämlich bei diesen einander recht nahestehende Werte, wohingegen die Ober- und Grundbäume sich relativ weit von ihnen entfernen. Zum zweiten ist auch die Höhendifferenz zwischen Ober- und Grundbäumen nicht so gross, dass sie allein einen so

[1] Vgl. S. 113—114.

bedeutenden Unterschied zwischen den entsprechenden Formzahlen motivierte.[1]

Es liegt kein Anlass vor, im Zusammenhang mit der Formzahl zu untersuchen, welchen Anteil den einzelnen Faktoren bei diesen Erscheinungen zukommt, — das dürfte zum Gebiete der genaueren Formuntersuchung gehören, — aber soviel dürfte auch aus diesem Formcharakteristikum hervorgehen, dass die alte Behauptung, dass die relative Vollholzigkeit durchschnittlich von den Ober- nach dem Grundbäumen zunehme, im wesentlichen stichhaltig ist.[2] Dieses Ergebnis steht auch in Einklang mit den oben dargestellten Stammreinigungsergebnissen, auf Grund deren konstatiert wurde, dass auch der relative astreine Stammteil durchschnittlich von den Oberbäumen nach den Grundbäumen zu ansteigt. (S. 194—195.)[3]

In der Gradhöhe der Formzahl bei den einzelnen Waldtypen sind Verschiedenheiten zwischen den untersuchten Typen zu bemerken. Je weniger ergiebig der Waldtyp ist, desto höher ist diese Zahl. Dies erklärt sich zum grössten Teil aus den Höhendifferenzen in den gleichen Altersstufen, aber wenigstens nahe dem ausgeglichenen Alter sind auch in der Stammform an sich wesentliche Typenverschiedenheiten als vorhanden zu betrachten. — Im allgemeinen sinken die Formzahlkurven bei dem M- und dem V-Typ recht gleichartig, wohingegen der C-Typ wie gewöhnlich ein ganz verschiedenes Bild gibt. —

Was weiterhin die Bedeutung der Baumklassen innerhalb der Etagen bei der Stammformvariation anbelangt, konnten bei ihren Mittelstämmen keine bedeutenderen Differenzen unter-

[1] In Fig. 50 sind in die Kurven der Formzahl die Altersstufen vermerkt, bei denen die einzelnen Etagen durchschnittlich 10 m Höhe erreichen; diese Stellen verbindet eine gebrochene Linie. Wie man sieht, wächst die Formzahl im Bereich derselben Höhe nach den Grundbäumen zu, abgesehen von der dritten Etage des M- und des V-Typs, die eine niedrigere Formzahl als die zweite Etage aufzuweisen scheint.

[2] EIDE (1923 a, S. 97 ff.) ist entsprechend zu den Ergebnissen gekommen, dass »skogformen» (die »Waldform») schlechter wird, wenn »skogdimensionen» (die »Walddimension» = der Durchmesser) anwächst.

[3] PETRINI (1921, S. 192) macht hinsichtlich der Stammform dieselbe Annahme wie hinsichtlich des astreinen Stammteils, dass die Form etwas weiter unten als die Mittelklasse des Bestandes am höchsten ist. (Vgl. hier S. 194 Fussnote 2.) Im Material des Verf. charakterisiert diese Stelle, wie sich oben gezeigt hat, bei dem M- und dem V-Typ im Gegenteil eine relativ schlechte Form.

schieden werden. Die Baumklassen konnten daher in keinem einzigen Falle getrennt behandelt werden.[1]

Begreiflicherweise ist dieser bedeutsame Umstand nicht so aufzufassen, dass die Stammform überhaupt nicht von der Kronenbeschaffenheit abhängig wäre. Im Gegenteil kann man a priori für wahrscheinlich ansehen, dass z. B. die seinerzeit von PRESSLER aufgestellten Regeln über die Beziehungen zwischen Krone und Stammform (1865) theoretisch sehr wohl zutreffend sein können.[2] Dies dürfte aber noch keine entscheidende Bedeutung gegenüber dem im Walde beobachteten Sachverhalt haben, dass die unterschiedenen biologischen Kronenbaumklassen bei der Abgrenzung innerhalb der Etagen entweder in dem Masse einander deckende theoretische Stammformvariationsintervalle oder auch wirkliche Abweichungen von diesen, bzw. beides gleichzeitig zeigen, dass zwischen den relativen Stammformvariationen der Mittelstämme der einzelnen biologischen Baumklassen keine systematischen Verschiedenheiten bemerkt werden konnten. — Dies betrifft somit am nächsten normal entwickelte Bestände, die Frage auf Grund der Formzahl beurteilt.

Da es wenigstens bei der praktischen Stammformbestimmung im allgemeinen nur mit der Untersuchung der Mittelstämme sein Bewenden hat, so bedeutet das gewonnene Ergebnis, dass eine gesonderte Berücksichtigung der Baumklassen bei der Stammformbestimmung im allgemeinen nicht notwendig zu sein scheint, sondern dass es genügt, wenn diese Bestimmung nur auf Grund der z. B. in dieser Untersuchung verwendeten biologischen Etagenunterscheidung vorgenommen wird. De facto würde sich also das durch Höhenbeobachtung bestimmte Beherr-

[1] Die Mittel der Formzahlen der einzelnen Baumklassen (von den acht ältesten Probebeständen) waren nämlich folgende:

	1a	b	c	2a	b	c	3a	b	c	4a	b	c
MT	0,539	0,522	0,530	0,557	0,555	0,542	0,544	0,570	0,548	0,572	0,575	0,549
VT	0,539	0,554	0,549	0,580	0,578	0,547	0,570	0,553	0,582	0,596	0,577	0,581
CT	0,562	0,574	0,578	0,589	0,572	0,582	0,581	0,582	0,580	0,613	0,623	0,610.

[2] Z. B. PRESSLER's 11. Lehrsatz lautet (S. 28): »Die Form und Formzahl des Stammes und namentlich seines Schaftes ist eine Function (ein Product) seiner Krone; ist bedingt durch Ansatzhöhe, Gestalt und Einwirkungsdauer der letztern.«

Vgl. weiter die einschlägige neuere Literatur, in der zahlreiche Beispiele davon erwähnt sind, wie einzelne Bäume die vorgetragenen Theorien bestätigt haben.

schungscharakteristikum in der Praxis als primärstes Charakteristikum der Stammform erweisen.

Dieser Sachverhalt kann auch teils aus der eigenen biologischen Bedeutung dieses Beherrschungsbegriffs verstanden werden, teils aus der Korrelation, welche zwischen der auf das Beherrschungsprinzip basierten biologischen Höhenvariation einerseits und der Kronenqualität und Stammstärke, bzw. auch der Stammform andrerseits besteht.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie den hier dargestellten ist in der Stammformfrage kürzlich z. B. EIDE (1923 a, b, 1924, 1925 a—c) gelangt. Durch die u. a. weiter oben angeführten Bezeichnungen »skogform» und »skogdimension» markiert er gerade dieselbe Anschauungsweise, zu der der Verf. auf Grund seines eigenen Materials gekommen ist. Anstelle des von EIDE verwendeten Durchmessercharakteristikums als »skogdimension», würde es jedoch Verf., gemäss dem Obigen und den durchgängig zutage getretenen Gesichtspunkten, für angebrachter halten, das biologisch primärere Höhencharakteristikum zu verwenden.

Im Zusammenhang mit der Bestandesmittelstammfrage, die einer besonderen Untersuchung unterworfen worden ist, und worüber, wie gesagt, später näher berichtet wird, sind vom Gebiete der Formzahlenvariation 10 verschiedene mittlere Bestandesformzahlen berechnet. Von diesen seien hier nur folgende drei erwähnt:
das mit der Stammzahl gewogene arithmetische

$$F_1 = \frac{\Sigma F N}{\Sigma N},$$

das mit der Grundfläche gewogene arithmetische (SCHIFFEL 1900, S. 292—293)

$$F_{G_1} = \frac{\Sigma F G}{\Sigma G},$$

das mit dem Volumen gewogene harmonische (SCHIFFEL, ebenda) Mittel

$$F_{V_h} = \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{F}}.$$ [1])

Weil die Formzahl in der jetzt vorliegenden Untersuchung nur die Rolle eines Vermittlers zwischen anderen primäreren Charakteristika

[1] Über die hier angewandten Bezeichnungen wie auch das benutzte Rechenverfahren siehe näher S. 190 Fussnoten.

spielt, ist sie hier nur durch eines von den hier erwähnten drei Mitteln graphisch dargestellt und zwar durch das, welches sich, wie in der Mittelstammuntersuchung gezeigt wird, am geeignetsten der Vermittlerrolle anpasst, — nämlich durch das Mittel F_{G_1}. Siehe Fig. 50. — Noch sei erwähnt, dass zwischen den hier vorgeführten drei Formzahlenmitteln folgende Ungleichung besteht:

$$F_1 > F_{G_1} > F_{V_1},$$

was direkt aus der untenstehenden Formhöhenformel nebst den Fig. 14 und 50 hervorgeht. Der Unterschied zwischen den Zahlenwerten der zwei letzterwähnten Mittel ist jedoch, wie auch aus der Fig. 14 (betreffs der Höhe) ersichtlich, ausserordentlich klein. — Vgl. auch Schiffel (1900), v. Lorey (1901), Levaković (1922).

Das Produkt von Formzahl und Höhe (FH) ist bekanntlich die sog. Formhöhe.

Die auf Grund der ausgeglichenen mittleren Formzahlen- und Höhenwerte der Etagen berechneten ausgeglichenen mittleren Etagenformhöhen kommen in Fig. 51 zur Darstellung. Wie aus der Figur ersichtlich, sind die Etagenformhöhen nicht gleichgross. Je weiter man im Kronendach nach unten kommt, um so niedriger ist der Zahlenwert der Formhöhe. — Über diese Frage wird später näher berichtet.[1]

Das Bestandesformhöhenmittel ist hier durch die Formel

$$FH = \frac{\Sigma V}{\Sigma G}$$

definiert worden, wo also ΣV das Gesamtvolumen und ΣG die Gesamtgrundfläche des Bestandes bezeichnet. Fig. 51.

Wenn man diesen Formhöhenmittelwert direkt durch eine Multiplikation der mittleren Formzahl und der mittleren Höhe des Bestandes erhalten will, sind diese beiden Mittel so zu wählen, dass sie sich hinsichtlich dieser Formel entsprechen. — Hierüber jedoch Näheres erst in anderem Zusammenhang.

* * *

Nachdem die im Obigen behandelten Charakteristika prinzipiell bestimmt worden sind, ist auch das Volumen ohne Rinde in jeder Form

[1] Siehe jedoch S. 138 Fussnote.

bindend bestimmt. Es ist somit auch ziemlich gleichgültig, in welcher Reihenfolge die verschiedenen Volumresultate hier behandelt werden.

So seien zunächst die Einheitsvolumina, d. h. die Mittelstammvolumina von Bestand, Etagen und Baumklassen erwähnt. Das Mittel, das hier in Anwendung gekommen ist, ist das mit der Stammzahl gewogene arithmetische

$$v_1 = \frac{\Sigma vN}{\Sigma N},$$

oder

$$v_1 = \frac{\Sigma V}{\Sigma N},$$

wo v_1 das auf die erwähnte Weise definierte mittlere Volumen (des Bestandes, der Etage, der Baumklasse), v das Volumen des Mittelstammes der Baumgruppe oder -stufe und V das Gesamtvolumen derselben bezeichnet. — Die diesbezüglichen Volumina sind in Fig. 52 und 53 dargestellt.[1]

Aus diesen Figuren ersieht man u. a., welcher gewaltige Unterschied zwischen den Mittelstämmen der äussersten Baumklassen 1 a und 4 c besteht. Das Volumen des ersteren ist in einem 150-jährigen Kiefernbestand vom M-Typ reichlich viermal grösser als der Kubikinhalt des letzteren, während gleichzeitig die entsprechende Verhältniszahl beim C-Typ etwa doppelt so gross ist. Die Differenzen zwischen den einzelnen Etagen sind im selben Verhältnis bedeutend. — Das grosse Gewicht der Oberschicht sowohl gegenüber dem Baumindividuum als in höherem Alter hinsichtlich der Stammzahl hebt den Volummittelstamm des Bestandes — abgesehen von der früheren Wachstumsperiode — sogar über den Vasallenmittelstamm (beim C-Typ jedoch nur wenig, da die Oberschicht hier relativ weniger frequent ist).

Ein Vergleich zwischen den erhaltenen Obermittelvolumina und den

[1] NEUBAUER empfiehlt 1924 für die Bestimmung des Volummittels das von ihm benannte »zentrale Massenmittel», für welches er folgende Formel vorschlägt (S. 114):

$$v = \frac{\Sigma v^2 N}{\Sigma v N}.$$

Wie zu bemerken, ist dieses (Formel-)Mittel das sog. (eigentliche) antiharmonische Volummittel v_{ah_2}, bei dem als Gewichtscharakteristikum die Stammzahl fungiert. — Über die gegenseitigen Beziehungen zwischen den hier erwähnten zwei Volummitteln wird späterhin näher berichtet.

von Y. Ilvessalo (1920 b, Fig. Nr. 50) angegebenen Oberbaumvolumina zeigt dieselbe prinzipielle Differenz wie ein Vergleich der entsprechenden mittleren Durchmesser. (Siehe Näheres S. 24, 64—69, 211.)

Was zweitens die Gesamtvolumina (V) anbelangt, so geschah die Bestimmung dieser Ausgleichungswerte folgendermassen.

Aus den ausgeglichenen Prozentwerten der doppelten Brusthöhenrindenstärke (vom entsprechenden Durchmesser einschl. Rinde) $2R_{\%} = p_D$ wurden die Grundflächenprozente der Rinde (von der Grundfläche G einschl. Rinde) p_G berechnet.[1] Weiterhin wurden die Differenzen $G - \frac{p_G}{100} G$ berechnet, welche somit Grundflächen ohne Rinde repräsentierten. Diese wurden mit den ausgeglichenen H- und F-Werten multipliziert, wobei die V-Werte ohne Rinde erhalten wurden. — Diese Gesamtvolumina, sowohl nach Baumklassen wie nach zusammengestellten Baumklassen (1 a + 2 a + 3 a + 4 a; ebenso b, c und B), nach Etagen (1 a + 1 b + 1 c + 1 B; usw.) wie auch als Bestandesgesamtheit, sind graphisch absolut in Fig. 54—57 und prozentual in Fig. 58—60 dargestellt. — Diese Figuren veranschaulichen die verschiedenen Verhältnisse der Gesamtvolumina in auffälliger Weise. Es sei hier kurz nur auf einzelne Züge dieser Ergebnisse hingewiesen.

Was erstens das Waldproduktionsvermögen der verschiedenen Waldtypen betrifft, so unterstreichen die erhaltenen absoluten Volumzahlen wieder aufs kräftigste die merklichen Differenzen dieses Vermögens zwischen den einzelnen Typen. Vergleicht man ausserdem noch die hier erhaltenen Ausgleichungswerte des Bestandesgesamtvolumens (Fig. 57) mit den entsprechenden Werten Y. Ilvessalo's (1920 b, Fig. Nr. 36), so ist die Übereinstimmung geradezu verblüffend. Eine vollständigere Gleichmässigkeit als hier lässt sich zwischen zwei gesonderten, zu verschiedenen Zwecken und mit verschiedenen Methoden ausgeführten Untersuchungen kaum denken. — Die Theorie des Waldtypen-Bonitierungsverfahrens hat hierdurch wieder eine glänzende Bestätigung erhalten.

Weiter sieht man abermals, wie gross und bedeutend der Betrag der b- und c-Bäume im Naturbestande ist (Fig. 54, 55, 59 u. 60), und wie wichtig es daher ist, frühzeitig an Durchforstungen zu gehen, damit der Stand der a-Bäume auf Kosten der anderen bestimmender als sonst gestaltet werde.

[1] Die diesbezügliche Formel war

$$p_G = 2\,p_D - \frac{p_D^2}{100}.$$

Schliesslich geht aus den Figuren 8, 48 und 60, bzw. 5, 47 und 58 hervor, wie die Übermacht der herrschenden Stämme immer mehr anwächst, wenn man von der Stammzahl zur Grundfläche und von dieser weiterhin zum Volumen übergeht, und wie besonders die Grundschicht immer mehr an Gewicht verliert. Während die Oberschicht in reiferem Alter über 60 % vom gesamten Volumen des Bestandes einnimmt, verbleiben der Grundschicht nur ca. 3 %. Wiegt man noch die Volumina der zwei Teilbestände des Bestandes — des herrschenden (I) und des beherrschten (II) — hinsichtlich des Bestandesgesamtvolumens, so erhält man entsprechend rund 85 und 15 %.

Die Gewichtsverhältnisse der den verschiedenen »Lichtetagen» entsprechenden Stammvolumina geben somit ihrerseits ein klares Bild von der inneren Struktur und Entwicklung des gleichaltrigen naturnormalen Kiefernbestandes und lassen wieder erkennen, wie ausgeprägt schwer der Kampf ums Dasein tatsächlich im Bestandesinnern zwischen den Baumindividuen ist.

Literaturverzeichnis

AALTONEN, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. (Mit deutschem Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I.) (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae, 1. Helsinki.)
—»— 1920 a. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. (Acta Forestalia Fennica, 14. Helsingforsiae.)
—»— 1920 b. Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. (Ibid., 14.)
—»— 1923. Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Eine botanisch-bodenwissenschaftliche Studie. (Ibid., 25.)
—»— 1925 a. Allgemeines über die Einwirkung der Bäume auf einander. (Ibid., 29, N:o 1.)
—»— 1925 b. Über den Aziditätsgrad (p_H) des Waldbodens. (Referaatti: Metsämaan happamuusasteesta (p_H).) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 9.)
ABDERHALDEN, EMIL. — 1920 —. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Berlin und Wien. (Siehe WIRTH 1920.)
AMILON, J. A. 1919. Höjdtillväxtens förlopp hos träd med olika ljusbehov. (Skogsvårdsföreningens Tidskrift, S. 95—108. Stockholm.)
AUGST, FRIEDRICH WILHELM. 1905. Zum sogenannten Ausbreitungsvermögen unserer Holzarten. (Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, S. 272—273. Frankfurt am Main.)
BARKHAUSEN, D. 1888. Zwangslose Beiträge zur Kenntnis der forstl. Verhältnisse im Kgl. Pr. Regierungsbezirke Lüneburg etc. Hannover. (Nach Forstwissenschaftliches Centralblatt 1888, S. 481—483, Mitteilungen: HEINRICH BURCKHARDT's Durchforstungs-Grundsätze. Berlin. — v. BAUR 1891 a, S. 23. — SCHÜPFER 1903, S. 30 ff.)
BARTH, AGNAR. 1910. Skogtaksationslære. 2. Utgave. Kristiania.
—»— 1920. Skogbrukslære. I. Hugstsystemene og skogens naturlige foryngelse. 3. Utgave. Kristiania.
VON BAUR, FRANZ. 1876. Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. (Unter Zugrundlegung der an der K. Württ. forstlichen Versuchsanstalt angestellten Untersuchungen.) Stuttgart. (Auch 1877. Berlin.)
—»— 1881. Die Rothbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. (Unter Zugrundlegung der an der Kgl. Württemberg'schen forstlichen Versuchsanstalt angestellten Untersuchungen.) Berlin.
—»— 1882 a. Zur Geschichte der Durchforstungen. (Forstwiss. Cbl., S. 21—31, 205—231.)

VON BAUR, FRANZ. 1882 b. Zur Lehre von der mittleren Bestandeshöhe. (Ibid., S. 549—556.)
—»— 1884. Ueber Durchforstungen und Durchforstungs-Versuche. (GANGHOFER, Das Forstliche Versuchswesen, Bd. II, S. 209—246.)
—»— 1891 a. Der gegenwärtige Stand der Durchforstungsfrage. Vortrag. (Forstwiss. Cbl. 1892, S. 20—32.)
—»— 1891 b. Die Holzmesskunde. Anleitung zur Aufnahme der Bäume und Bestände nach Masse, Alter und Zuwachs. 4. Auflage. Berlin.
BENINI, RODOLFO. 1905. I diagrammi a scala logaritmica. (Festgaben für Adolph Wagner zur siebenzigsten Wiederkehr seines Geburtstages, S. 119—125. Leipzig.)
BERKHOUT, A. H. 1920. Het meten der boomen in verband met hun aanwas. (Mit deutscher Uebersicht.) (Mededeelingen van de landbouwhoogeschool en van de daaraan verbonden instituten, Deel XVII, Afl. IV, En V, S. 109—225. Wageningen.)
BJÖRKENHEIM, RAF. 1909. Über die Bodenvegetation auf den Åsbildungen und den Moränenböden im Staatsrevier Evois. (Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 34, N:o 2. Helsingforsiæ.)
—»— 1919. Beiträge zur Kenntnis einiger Waldtypen in den Fichtenwaldungen des deutschen Mittelgebirges. (Acta Forest. Fenn., 6.)
BJÖRKMAN, C. A. T. 1877. Handbok i Skogs-Skötsel. 2. Upplagan. Stockholm.
BLAKEMAN, JOHN. 1905. On Tests for Linearity of Regression in Frequency Distributions. (Biometrika, Vol. IV, S. 332—350. Cambridge.)
BLANCK, E. 1912. Siehe PFEIFFER 1912.
BLASCHKE, ERNST. 1906. Vorlesungen über mathematische Statistik. (B. G. TEUBNER's Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen, Bd. XXIII. Leipzig und Berlin.)
BLOCK, 1889. Ueber Ertragstafeln für schlagweise bewirthschaftete Hochwaldbestände. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 229—235.)
BLOMQVIST, A. G. 1872. Tabeller framställande utvecklingen af jemnåriga och slutna skogsbestånd af tall, gran och björk. Helsingfors.
—»— 1879. Eine neue Methode den Holzwuchs und die Standortsvegetation bildlich darzustellen. (Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk, utgifna af Finska Vetenskaps-Societeten, H. 31, S. 145—153. Helsingfors.)
—»— 1881. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Tallen. (Finska Forstföreningens Meddelanden. Helsingfors.) — (Suomentanut T. A. CANNELIN: Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta kertonut A. G. BLOMQVIST. I. Mänty. 1891. Helsinki.)
—»— 1883. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. II. Granen. (Ibid.) — (Suomentanut F. G. BERGROTH: Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta kertonut A. G. BLOMQVIST. II. Kuusi. 1891. Helsinki.)
—»— Björken. (Manuskript.)
—»— 1897. Undersökningar af tjocklekstillväxten hos timmerträd af tall och gran i olika delar af Finland. Helsingfors.
BÖCKER, C. C. 1829. Om skogars skötsel i Norden. Första delen. Åbo.

Böhmer, J. G. 1922. Bledningsskog. (Avec résumé en français.) Kristiania.
Böhmerle, Karl. 1882. Ueber characteristische Jahresringe. (Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Sonderabdruck. Wien.)
—»— 1895. Ueber vergleichende Zuwachsuntersuchungen. (Ibid. Sonderabdr.)
—»— 1900. Bisherige Erfahrungen aus einigen Durchforstungs- und Lichtungsversuchsflächen der k. k. forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn. (Ibid. Sonderabdr.)
—»— 1902. Ueber die Vornahme genauer Kluppirungen. (Ibid. Sonderabdr.)
—»— 1903. Bestandesdichte und Bestandeshöhe. (Ibid. Sonderabdr.)
Borggreve, Bernard. 1888. Die Forstabschätzung. Ein Grundriss der Forstertragsregelung und Waldwertrechnung. Berlin.
—»— 1891. Die Holzzucht. Ein Grundriss für Unterricht und Wirtschaft. 2. Auflage. Berlin.
Bornemann, F. 1920. Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Berlin.
—»— 1923. Über neue Untersuchungen zum Kohlensäureproblem. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, S. 704—708. Berlin.)
von Bortkewitsch, L. 1898. Das Gesetz der kleinen Zahlen. Leipzig.
—»— 1922. Literaturbesprechung: C. V. L. Charlier 1920, Vorlesungen über die Grundzüge der mathematischen Statistik. (Nordisk Statistisk Tidskrift, S. 341—350. Stockholm.)
Bowley, Arthur L. 1920. Elements of Statistics. 4. Edition. London.
Boysen Jensen, P. 1910. Studier over Skovtræernes Forhold til Lyset. (Tidsskrift for Skovvæsen, Rkk. B, S. 1 —. København.) (Nach Stålfelt 1921. — U. a.)
—»— 1921. Studier over Stofproduktion i Skov. (Dansk Skovforenings Tidsskrift, S. 306—336. København.)
—»— 1923. Om skogsträdens kolsyreassimilation och dess betydelse för produktionen. Vortrag. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 269—281, — und Första nordiska skogskongressens förhandlingar 1923, S. 59—71, 1924, Stockholm.)
Bravais, A. 1846. Analyse mathématique sur les probabilités des erreurs de situation d'un point. (Acad. des Sciences: Mémoires présentés par divers savants, IIe série, t. IX, S. 255—.) (Nach Yule 1916.)
Broilliard, Ch. 1881. Le traitement des bois en France. Paris. (Nach Hauch-Oppermann 1898—1902, S. 101. — U. a.)
Bruns, Heinrich. 1897. Ueber die Darstellung von Fehlergesetzen. (Astronomische Nachrichten, Bd. 143, N° 3429, Spalte 329—340. Kiel.)
—»— 1906. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmasslehre. Leipzig und Berlin.
Büchi, E. F. (Siehe Knuchel 1925 b.)
Bühler, Anton und Flury, Ph. 1892. Untersuchungen über die Astreinheit der Bestände. (Mittheilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. II, S. 205—256. Zürich.)
Bühler, Anton. 1894. Durchforstungsversuche. (Ibid., Bd. III, S. 1—106.)
—»— 1918, 1922. Der Waldbau nach wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung. Ein Hand- und Lehrbuch. I. II. Stuttgart.

BURCKHARDT, H. CHR. 1844—1849. (Vorlesungen.) (Siehe BARKHAUSEN 1888.)
—»— 1856. Fichte und Kiefer in Bezug auf Form, Sortiment und Inhalt, nebst anderen Hülfstafeln für Forstmänner. Hannover.
BUSSE, J. und JAEHN. 1925. Wachsraum und Zuwachs. (Wermsdorfer Fichtenkulturversuch.) (Mitteilungen aus der Sächsischen forstlichen Versuchsanstalt zu Tharandt, Bd. II, H. 6, S. 199—281. Berlin.)
CAJANDER, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. (Acta Forest. Fenn., 1, — und Fennia, 28, N:o 2, Helsingfors.)
—»— 1913. Studien über die Moore Finnlands. (Ibid., 2, — bzw. 35, N:o 5.)
—»— 1916 a. Viljavan maa-alan jakaantuminen Suomessa. (Metsätaloudellinen Aikakauskirja (Laajempi painos) — Forstlig Tidskrift (Huvudupplagan), S. 51—58. Helsinki — Helsingfors.)
—»— 1916 b. Metsänhoidon perusteet. I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. (Handbuch des Waldbaues. I. Grundzüge der Pflanzenbiologie und Pflanzengeographie.) Porvoo.
—»— 1917 a. Metsänhoidon perusteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. (Handbuch des Waldbaues. II. Grundzüge der Dendrologie Finnlands.) Porvoo.
—»— 1917 b. Katsaus Suomen metsätyyppeihin. (Metsätal. Aikakk. (L. pain.) — Forstl. Tidskr. (H-uppl.), S. 303—314.)
—»— 1917 c. Metsätyypeistä. Vortrag. (Acta Forest. Fenn., 7, S. 7—8.)
—»— 1917 d. Metsätyyppien käytännöllisestä merkityksestä. Vortrag. (Ibid., 7, S. 57—60.)
CAJANDER, A. K. und ILVESSALO, YRJÖ. 1921 a. Ueber Waldtypen II. Drei Vorträge gehalten in der Sitzung der Geographischen Gesellschaft in Finnland am 25. Februar 1921. (CAJANDER: Ueber Waldtypen im allgemeinen, S. 1—41; ILVESSALO: Die Waldtypen als Grundlage der neuen Ertragstafeln Finnlands, S. 42—63; CAJANDER: Die uebrigen Untersuchungen ueber die Waldtypen, S. 64—77.) (Acta Forest. Fenn., 20, — und Fennia, 43, N:o 3.)
CAJANDER, A. K. 1921 b. Zur Frage der gegenseitigen Beziehungen zwischen Klima, Boden und Vegetation. (Acta Forest. Fenn., 21.)
—»— 1921 c. Zur Kenntnis der Einwanderungswege der Pflanzenarten nach Finnland. (Ibid., 21.)
—»— 1921 d. Einige Reflexionen über die Entstehung der Arten insbesondere innerhalb der Gruppe der Holzgewächse. (Ibid., 21.)
—»— 1921 e. Ein pflanzengeographisches Arbeitsprogramm, in Erinnerung an Johan Petter Norrlin. (Acta Soc. pro F. et Fl. Fenn., 49, N:o 4.)
—»— 1922. Zur Begriffsbestimmung im Gebiet der Pflanzentopographie. (Acta Forest. Fenn., 20.)
—»— 1923 a. Gedächtnisrede für Johan Petter Norrlin, a. o. Professor emeritus, gehalten in der Versammlung der Finnischen Wissenschaftssozietät am 10. Mai 1918. (Ibid., 23.)
—»— 1923 b. Einige Hauptzüge der pflanzentopographischen Forschungsarbeit in Finnland. Vortrag. (Ibid., 23.)
—»— 1923 c. Forstlich-geographische Übersicht Finnlands. Vortrag. (Ibid., 25.)
—»— 1923 d. Über die Verteilung des fruchtbaren Bodens in Finnland und über den Einfluss dieser Verteilung auf die wirtschaftlichen Verhältnisse im Lande. Vortrag. (Ibid., 25.)

CAJANDER, A. K. 1923 e. Was wird mit den Waldtypen bezweckt? (Ibid., 25.)
—»— 1925 a. Metsätyyppiteoria. (Ibid., 29, N:o 2.)
—»— 1925 b. Den bördiga markens fördelning i Finland. Vortrag. (Summary: The distribution of fertile soil in Finland.) (Nord. Stat. Tidskr., S. 329—350.)
—»— 1925 c. Der gegenseitige Kampf in der Pflanzenwelt. (Festschrift für C. Schroeter. Zürich.)
CAJANUS, WERNER. 1911. Puun rungon muotoa koskevia tutkimusmetoodeja. Vortrag. (Mit deutschem Referat: Über zahlenmässige Darstellung der Stammformen der Waldbäume.) (Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja — Finska Forstföreningens Meddelanden, S. 363—370, Ref. S. 491—492. Helsinki — Helsingfors.)
—»— 1912 a. Tapa laskea metsikön keskiläpileikkauspintaa vastaava diametri ja äpileikkauspintojen summa. (Mit deutschem Referat: Eine Methode den Mittelstammdurchmesser und die Kreisfläche eines Bestandes zu bestimmen.) (Ibid., S. 8—15, Ref. S. 53—55.)
—»— 1912 b. Ett nytt diametermätningsinstrument. (Mit deutschem Referat: Ein neues Instrument zum Messen der Durchmesser von Baumstämmen.) (Ibid., S. 507—515, Ref. S. 553—555.)
—»— 1914. Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. (Acta Forest. Fenn., 3.)
CANNELIN, T. A. 1900. Utdrag ur berättelsen om några forstliga undersökningar och försök vid Mustiala åren 1896, 1897 och 1898. (Finska Forstför. Medd., S. 235—255.)
CHARLIER, C. V. L. 1905 a. Über das Fehlergesetz. (Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, Bd. 2, N:o 8. Uppsala.)
—»— 1905 b. Die zweite Form des Fehlergesetzes. (Ibid., Bd. 2, N:o 15.)
—»— 1905 c. Über die Darstellung willkürlicher Funktionen. (Ibid., Bd. 2, N:o 20.)
—»— 1906. Researches into the Theory of Probability. (Lunds Universitets Årsskrift, N. F., Afd. 2, Bd. I, N:r 5. Lund.)
—»— 1910. Grunddragen af den matematiska statistiken. Lund.
—»— 1920. Vorlesungen über die Grundzüge der mathematischen Statistik. Lund. (Hamburg.)
CHRISTEN, T. 1891. (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1891, S. 220. Bern.) (Siehe Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. 1892, S. 72, Notizen: Der Baumhöhenmesser von CHRISTEN. — MÜLLER 1923, S. 157.)
CIESLAR, ADOLF. 1904. Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. (Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs, H. XXX, S. 1—105. Wien.)
—»— 1909. Licht- und Schattholzarten. Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 4—22.)
VON COTTA, HEINRICH. 1804. Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen. Berlin.
—»— 1816. Anweisung zum Waldbau. — [2]1817, [3]1821, [4]1828, [5]1835, [6]1845 (von AUG. v. COTTA), [7]1849 (von EDMUND, Freiherr VON BERG), [8]1856 (von v. BERG), [9]1865 (von HEINR. v. COTTA). — Dresden und Leipzig.
PETRUS DE CRESCENTIIS. 1305. Handschrift. (Siehe BÜHLER 1922, S. 416.)

CZUBER, EMANUEL. 1910. Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung. Bd. II. 2. Auflage. (TEUBNER's Samml. v. Lehrb. a. d. Geb. d. mathemat. Wiss. m. Einschl. ihr. Anw., Bd. IX, 2.)

—»— 1921. Die statistischen Forschungsmethoden. Wien.

DAHLL, F. K. G. 1898. Tillvæxtundersøgelser i Røken og Asker foretagne paa Foranledning af »Den norske Forstforening». (Tidsskrift for Skovbrug, Bil., S. 1—19. Kristiania.)

DANCKELMANN, BERNHARD. 1878. Literaturbesprechung: FR. BAUR 1877, Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 155—163.)

DECRUSY. 1829. Siehe ISAMBERT 1829.

DIETERICH, V. 1922 a. Hilfszahlen zur Vorrats-, Ertrags- und Zuwachsschätzung in reinen Fichtenbeständen. (Forstliche Wochenschrift Silva, S. 81—87. Tübingen.)

—»— 1922 b. Ueber Vorrats- und Zuwachsschätzungen. Vortrag. (Ibid., S. 401—411.)

DRAUDT, A. 1857. Die Ermittelung der Holzmassen. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 121—128.)

DUHAMEL DU MONCEAU. 1760. Des semis et plantations des arbres, et de leur culture. Paris. — (In deutscher Sprache von CARL CHRISTOPH OELHAFEN VON SCHÖLLENBACH: Von der Holz-Saat und Pflanzung der Wald-Bäume. 1763. Nürnberg.)

—»— 1764. De l'exploitation des bois. I. II. Paris. — (In deutscher Sprache von C. CHR. OELHAFEN VON SCHÖLLENBACH: Von Fällung der Wälder, und gehöriger Anwendung des gefällten Holzes. Teil I, 1766. Teil II, 1767. Nürnberg.)

EBERMAYER, ERNST. 1885. Die Beschaffenheit der Waldluft und die Bedeutung der atmosphärischen Kohlensäure für die Waldvegetation. Stuttgart.

EDGEWORTH, F. Y. 1904. The Law of Error. (Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. XX, S. 36—65, 113—130; Appendix, S. 131—141. 1908. Cambridge.)

—»— 1906. The Generalised Law of Error, or Law of Great Numbers. (Journal of the Royal Statistical Society, Vol. LXIX, S. 497—539.) (Nach CAJANUS 1914, S. 24. — U. a.)

EICHHORN, FRITZ. 1904. Beziehungen zwischen Bestandeshöhe und Bestandsmasse. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 45—49.)

EIDE, ERLING. 1923 a. Om kubering av staaende skog. I. Furuskog. (Meddelelser fra det norske Skogforsøksvæsen, H. 3, S. 88—133. Kristiania.)

—»— 1923 b. Kubering av staaende skog. II. Granskog. (Ibid., H. 4, S. 15—80.)

—»— 1924. Kubering av staaende skog. (Tidsskrift for Skogbruk, S. 192—197. Kristiania.)

—»— 1925 a. Fremgangslinjer ved studium av formutviklingen inden forskjellige skogtyper. (Medd. fr. d. norske Skogforsøksvæs., H. 5, S. 14—20.)

—»— 1925 b. Kubering av staaende skog. III. Fortsatte undersøkelser over formfaktorens avhængighet av høide og brysthøidediameter i granskog. (Ibid., H. 5, S. 21—37.)

EIDE, ERLING. 1925 c. Über den Formfaktor bei der Bestandesmassenermittelung. (Resümee der Artikel 1923 a, b und 1925 a, b.) (Ibid., H. 5, S. 38—50.)
ELDERTON, PALIN W. 1906. Frequency-Curves and Correlation. London.
ENDRES, MAX. 1889. Ueber die mathematische Interpretation der Ertragstafelkurven. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 88—93.)
ENGLER, ARNOLD. 1903. Referat zum Verhandlungsgegenstande: »Anleitung für die Ausführung von Durchforstungs- und Lichtungsversuchen.» (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. VIII, S. VI—XVI.)
— »— 1918. Tropismen und exzentrisches Dickenwachstum der Bäume. Ein Beitrag zur Physiologie und Morphologie der Holzgewächse. (Schriften herausgegeben durch die Stiftung von Schnyder von Wartensee, XXI. Zürich.)
— » — 1924. Heliotropismus und Geotropismus der Bäume und deren waldbauliche Bedeutung. (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. XIII, S. 225—283.)
ERICSSON, BERNHARD. 1903. Oppi- ja käsikirja metsätalouden järjestelyssä. I. Metsänarvioiminen. Helsinki.
FAUSTMANN, M. 1855. Die Stammzahl in ihrem Verhältnisse zur Holzmasse der Bestände. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 324—327.)
FECHNER, G. TH. 1878. Ueber den Ausgangswerth der kleinsten Abweichungssumme, dessen Bestimmung, Verwendung und Verallgemeinerung. (Abhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. XVIII, S. 1—76. Leipzig.)
— »— 1897. Kollektivmasslehre. (Im Auftrage d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. herausgeg. von GOTTL. FRIEDR. LIPPS. Leipzig.)
FEKETE, LAJOS. 1902. (Studie über die Stärkenzusammensetzung gleich alter Fichtenbestände, nach den Aufnahmsergebnissen auf den ersten Bonitäten des Vépor Gebirges.) (Erdészeti Kisérletek, 3. és 4. sz. Selmecbánya.) (Nach SCHIFFEL 1903, S. 189 ff. — RÓNAI 1914, S. 12.)
FIND, JUL. RATKEN-. 1922. Moderniserede Højdemaalere. København.
VON FISCHBACH, CARL. 1882. Zur Geschichte der Durchforstungen. (Forstwiss. Cbl., S. 287—293.)
— » — 1884 - 1885. Zur Weiterentwicklung der Lehre von den Durchforstungen. (Forstwiss. Cbl., S. 426—438; 466—476, 553—565.)
— »— 1885. Die wirthschaftlichen Leistungen des Voll- und Abtriebsbestandes, sowie der verschiedenen Stammclassen. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 293—306.)
— »— 1888. Die wirthschaftlichen Leistungen des Voll- und Abtriebsbestandes bei der Kiefer. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 449—466.)
— »— 1894. Forst- und Jagdgeschichtliches aus Württemberg. (Forstwiss. Cbl., S. 441—451.)
— »— 1897. Dänische Praxis und deutsche Theorien in der Buchenwirthschaft. (Münden er Forstliche Hefte, H. XII, S. 42—54. Berlin.)
FISCHER, HUGO. 1921. Pflanzenbau und Kohlensäure. Stuttgart.
FISHER, ARNE. 1922. The Mathematical Theory of Probabilities, and its Application to Frequency Curves and Statistical Methods, Vol. 1. 2. Edition. New York.
FLÜGEL, M. 1912. Siehe PFEIFFER 1912.

FLURY, PH. 1891 a. Untersuchungen über die Genauigkeit der Grundflächenermittelung bei Bestandesaufnahmen. (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. I, S. 131—142, 323—357.)
—»— 1891 b. Die Grundflächenermittelung bei Bestandesaufnahmen zu praktischen Zwecken. (Ibid., Bd. I, S. 358—376.)
—»— 1892 a. Die Abrundung der Durchmesser bei Bestandesaufnahmen. (Ibid., Bd. II, S. 51—60.)
—»— 1892 b. Siehe BÜHLER 1892.
—»— 1894. Untersuchungen über die Verwendbarkeit des arithmetischen Mittelstammes zur Höhen- und Massenermittelung der Bestände. (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. III, S. 107—136.)
—»— 1895. Untersuchungen über die Entwickelung der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode. (Ibid., Bd. IV, S. 189—202.)
—»— 1897. Einfluss der Berindung auf die Kubirung des Schaftholzes. (Ibid., Bd. V, S. 203—255.)
—»— 1898 a. Ueber die Gesetzmässigkeit im Wachstumsgange einiger Holzarten. (Ibid., Bd. VI, S. 53—86.)
—»— 1898 b. Ergebnisse aus Kahlschlägen. (Ibid., Bd. VI, S. 87—206.)
—»— 1903. Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche. (Ibid., Bd. VII, S. 1—246.)
—»— 1905. Untersuchungen über einige Baumhöhenmesser. (Ibid., Bd. VIII, S. 237—267.)
—»— 1907. Ertragstafeln für die Fichte und Buche der Schweiz. (Ibid., Bd. IX, S. 1—290; Anhang S. 1—55.)
—»— 1916. Untersuchungen über die Sortimentsverhältnisse der Fichte, Weisstanne und Buche. (Ibid., Bd. XI, S. 153—272.)
AF FORSELLES, A. (Siehe ERICSSON 1903, S. 17.)
FRICKE. 1904. »Licht- und Schattenholzarten», ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 315—325.)
FRIEDRICH, JOSEF. 1895. Die Photographie im Dienste des Versuchswesens. (Cbl. f. d. ges. Forstwes.) (Nach BÖHMERLE 1900.)
FRÖMBLING, E. 1913. Welche Rolle spielt die Wurzelkonkurrenz im Haushalte des Waldes? (Forstwiss. Cbl., S. 170—175.)
VON FÜRST, HERMANN. 1905. Licht- und Schattenholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma? (Forstwiss. Cbl., S. 1—10.)
GANGHOFER, AUGUST. 1881, 1884. Das Forstliche Versuchswesen. I. II. Augsburg.
GEHRHARDT, E. 1901. Die theoretische und praktische Bedeutung des arithmetischen Mittelstammes. Meiningen.
—»— 1909. Ueber Bestandes-Wachstumsgesetze und ihre Anwendung zur Aufstellung von Ertragstafeln. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 117—128.)
—»— 1921 a. Eine neue Kiefern-Ertragstafel,
—»— 1921 b. » » Fichten- »
—»— 1922. » » Eichen- »
(Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 145—156; 241—246; 173—180.)
—»— 1923. Ertragstafeln für Eiche, Buche, Tanne, Fichte und Kiefer. Berlin.
GIBSON, WINIFRED. 1906. Siehe Tabellen-Abteilung.

GLASER, THEODOR. 1911. Zur mathematischen Interpretation der Zuwachskurven. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 6—10, 48—53.)

GRABNER, LEOPOLD. 1840. Die Forstwirthschaftslehre. Wien. — 2. Auflage 1866. — (Nach v. FISCHBACH 1885, 1888.)

—»— 1852. Beobachtung über die vor- und rückschreitende Bildung des Jahresringes unserer Bäume. (Oesterreichische Vierteljahresschrift für Forstwesen, H. 4. Wien.) (Nach Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. 1854, S. 208, Literarische Berichte. — BÖHMERLE 1902.)

GRAM, J. P. 1879 a. Om Rækkeudviklinger, bestemte ved Hjælp af de mindste Kvadraters Methode. Kjøbenhavn.

—»— 1879 b. Om Konstruktion af Normal-Tilvæxtoversigter, med særligt Hensyn til Iagttagelserne fra Odsherred. (Tidsskrift for Skovbrug, S. 207—270. Kjøbenhavn.)

—»— 1883. Om Beregning af en Bevoxnings Masse ved Hjælp af Prøvetræer. (Ibid., S. 137—198.)

—»— 1889. Om Konstruktion af Normal-Tilvæxtoversigter, med særligt Hensyn til Iagttagelserne fra Odsherred. II. (Ibid., S. 97—151.)

GRUNDNER, F. 1882. Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände. Berlin.

—»— 1888. Die Betheiligung der Stärkeklassen am Bestandeszuwachse. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 7—15.)

—»— 1904. Untersuchungen im Buchenhochwalde über Wachstumsgang und Massenertrag. (Nach den Aufnahmen der Herzoglich Braunschweigischen forstlichen Versuchsanstalt.) Berlin.

VON GUTTENBERG, ADOLF RITTER. 1912. Holzmesskunde. (v. LOREY-WAGNER, Handbuch der Forstwissenschaft, Bd. 3, S. 158—310.)

GYLDÉN, C. W. 1853. Handledning för Skogshushållare i Finland. Helsingfors.

HAGELBERG, VIKTOR. 1918. Om massafaktorernas och kubikmassans fördelning kring medelstammen. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 517—534.)

HAGEN, G. 1837. Grundzüge der Wahrscheinlichkeits-Rechnung. Berlin.

HÄLLSTRÖM, CARL PETTER. 1795. Om Medel At Underhålla och öka Skogsväxten i Finland. Sednare Delen. (Under Inseende af PEHR ADRIAN GADD.) Åbo.

VON HAMMERSTEIN, A., Freiherr. 1882. (Forstliche Blätter, S. 49.) (Siehe MÜLLER 1923, S. 152.)

HANSEN, A. F. KOFOED-. 1901. Kofoed-Hansens Højdemaaler. (Tidsskr. f. Skovvæs., Rkk. A, S. 22—23.)

HARTIG, G. L. 1791. Anweisung zur Holzzucht für Förster. — [2]1796, [3]1800, [4]1804, [5]1805, [6]1808, [7]1817. — Marburg.

HARTIG, ROBERT. 1865. Vergleichende Untersuchungen über den Wachsthumsgang und Ertrag der Rothbuche und Eiche im Spessart, der Rothbuche im östlichen Wesergebirge, der Kiefer in Pommern und der Weisstanne im Schwarzwald. Stuttgart. (Nach CAJANDER 1909, S. 156; 1921 a, S. 10. — U. a.)

—»— 1868. Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirthschaft im Harze und im Wesergebirge. Stuttgart. (Nach CAJANDER 1909, S. 156; 1921 a, S. 10. — U. a.)

—»— 1871. Ueber das Dickenwachsthum der Waldbäume. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 66—104.)

HARTIG, TH. 1847. Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rothbuche im Hoch- und Pflanz-Walde, im Mittel- und Niederwald-Betriebe, nebst Anleitung zu vergleichenden Ertragsforschungen. Berlin. (Nach Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. 1847, S. 177—183, 339—345, 366—374, 445—453, Literarische Berichte. — CAJANDER 1909, S. 156; 1921 a, S. 10.)

HAUCH, L. A. og OPPERMANN, A. 1898—1902. Haandbog i Skovbrug. København.

HAUCH, L. A. 1904. Om den saakaldte »Spredningsevne» hos vore Træarter. (Botanisk Tidsskrift, S. 275—282. København.)

—»— 1905. Ueber das sogenannte Ausbreitungsvermögen unserer Holzarten. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 41—45.)

—»— 1910. Zur Variation des Wachstums bei unseren Waldbäumen mit besonderer Berücksichtigung des sogenannten Ausbreitungsvermögens. (Forstwiss. Cbl., S. 565—578.)

—»— 1912. Spredningsevnen hos vore Træarter og dens Virkning paa Kultur og Udhugning. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 1*—15*.)

—»— 1916—1917. Opbygning av skov. (Dansk Skovfor. Tidsskr., S. 209—271, 317—331; 1—38, 89—135.)

—»— 1918. Træarternes Spredningsevne og Kulturens Tæthed. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 535—574.)

HAUG. 1894. Beitrag zu der Durchforstungsfrage. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 1—11, 48—69, 88—102.)

—»— 1896. Beitrag zu der Durchforstungsfrage. (Ibid., S. 311—316.)

—»— 1897. Zur Durchforstungsfrage. Durchforstungsversuche in Fichtenbeständen mit verschiedenen Hauptstammzahlen. (Ibid., S. 293—301.)

—»— 1899. Die Stammzahlfrage und ihre Bedeutung für die Bestandespflege. (Ibid., S. 8—18.)

HÄYRÉN, ERNST. 1902. Studier öfver vegetationen på tillandningsområdena i Ekenäs skärgård. (Acta Soc. pro F. et Fl. Fenn., 23, N:o 6.)

HECK, CARL ROBERT. 1898. Freie Durchforstung. (Münd. Forstl. Hefte, H. XIII, S. 18—54.)

—»— 1904. Freie Durchforstung. Berlin.

—»— 1909. Ein Jahrzehnt Durchforstungsversuch und 14 Jahre Freie Durchforstung. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 281—313, 382—405, 436—472, 502—520.)

—»— 1922. Beiträge zur forstlichen Zuwachskunde. (Forstwiss. Cbl., S. 290—326.)

—»— 1924—1925. Die Entwicklung der Freien Durchforstung. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 577—583; 51—76.)

—»— 1925. Beiträge zur forstlichen Zuwachskunde. Dritter Teil. (Forstwiss. Cbl., S. 370—377, 462—475, 538—552, 583—593.)

HEIKINHEIMO, OLLI. 1906. Harvennushakkauksista ja niiden merkityksestä metsätaloudessa. (Suom. Metsänhoitoyhd. käsikirjasia. Uusi sarja. N:o 1. Hämeenlinna.) — Toinen painos 1907. — Om gallringshyggen och deras betydelse i Skogshushallningen. (Finska Forstför. handböcker. 1907. Tavastehus.)

—»— 1910. Harvennushakkaukset. (Maahenki. Maataloudellinen tietokirja. Jälkimäinen osa, S. 662—680. Helsinki.)

—»— 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. (Mit deutschem Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands.) (Acta Forest. Fenn. 4.)

HEIKINHEIMO, OLLI. 1920 a. Kuusimuodoista ja niiden metsätaloudellisesta arvosta. (Mit deutschem Referat: Über die Fichtenformen und ihren forstwirtschaftlichen Wert.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 2.)
—»— 1920 b. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. (Mit deutschem Referat: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder.) (Ibid., 3.)
—»— 1921 a. Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. (Mit deutschem Referat: Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung.) (Ibid., 4.)
—»— 1921 b. Siehe RENVALL 1919.
—»— 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. (Mit deutschem Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 5.)
HEIKKILÄ, T. 1914. Tuotantotaulut pääpuulajeillemme: männylle, kuuselle ja koivulle. A. G. BLOMQVIST'in keräämän aineiston perusteella. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. Erikoistutkimuksia, 2. Helsinki.)
—»— 1915. Huber'in kaavan käyttökelpoisuudesta ja eräistä uusista kuutioimistavoista. (Metsätal. Aikakk. (L. pain.) — Forstl. Tidskr. (H-uppl.), S. 422—433.)
—»— 1925. Kasvututkimuksia Perä-Pohjolasta. (Mit deutschem Referat: Zuwachsuntersuchungen aus Nordnord-Finnland.) (Acta Forest. Fenn., 29, N:o 4.)
HELMS, JOHS. 1902. Skovfyrren paa Tisvilde-Frederiksværk Distrikt. (Tidsskr. f. Skovvæs., Rkk. B, S. 196—345.)
—»— 1917. Vindens Indvirkning paa Skovtræernes Form. (Dansk Skovfor. Tidsskr., S. 269—338, 397—431.)
HEMPEL, GUSTAV und WILHELM, KARL. 1896. Die Bäume und Sträucher des Waldes in botanischer und forstwirthschaftlicher Beziehung. I.—III. Wien und Olmütz.
HESKE, FRANZ. 1925. Wesen und Bedeutung der Waldtypenlehre. Vortrag. (Sudetendeutsche Forst- und Jagdzeitung, S. 93—98. Teplitz-Schönau. — Wiener Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, S. 86. Wien.)
HESSELMAN, HENRIK. 1904. Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Eine physiologisch-biologische und pflanzengeographische Studie. (Beihefte zum Botanischen Centralblatt, Bd. XVII, S. 311—460. Jena.)
—»— 1914. Om trädens skiktnings- eller skiktförmåga. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 696—697.)
HEYER, CARL. 1845. Aufruf zur Gründung eines forststatischen Vereins. (Abdruck 1846 in Neue Jahrbücher der Forstkunde, S. 127—137.) (Nach G. HEYER 1877, S. 185—186.)
—»— 1848. Die Hauptmethoden zur Waldertrags-Regelung. Giesen.
HEYER, EDUARD. 1857. Ueber Aufstellung von Holzertrags-Tafeln. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 329—331.)
HEYER, GUSTAV. 1877. Ueber die Aufstellung von Holzertragstafeln. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 185—198.)
HILF, H. H. 1925. Die Bedeutung der Bestandesgeschichte für den praktischen Forstwirt. Vortrag. (Forstarchiv, S. 81—85, 113—117. Hannover.)
HÖJER, A. G. 1903. Tallens och granens tillväxt. (Bilaga till LOVÉN 1903, S. 106—120.)
HOLMERZ, C. G. och ÖRTENBLAD, TH. 1886. Om Norrbottens skogar. (Résumé: Sur les forêts de la Norrbothnie.) (Bihang till Domänstyrelsens

underdåniga berättelse rörande skogsväsendet för år 1885. Stockholm.)

HORNEMANN, E. 1891. Nogle Undersøgelser over Massefaktorerne i Naaletræbevoxninger. (Tidsskr. f. Skovbr., S. 159—174. Kjhvn.)

HUB, E. 1892. (Österreichische Forst- und Jagdzeitung, S. 59. Wien.) (Siehe MÜLLER 1923, S. 152.)

HUBER, FRANZ. 1824—1825. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (von MEYER und BEHLEN), H. 1, 2, 3; 1.) (Siehe C. HEYER 1848, S. 96 ff.)

HÜNI, M. (Siehe FLURY 1905, S. 243 ff.)

ILVESSALO, LAURI. 1917. Tutkimuksia mäntymetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. (Mit deutschem Referat: Studien über die Verjüngungsjahre der Kiefernwälder in Süd- und Mittelfinnland.) (Acta Forest. Fenn., 6.)

ILVESSALO, YRJÖ. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyyppien kankailla Salmin kruunupuistossa. (Mit deutschem Referat.) (Acta Forest. Fenn., 6.)

—»— 1920 a. Metsämaitten puuntuotantokyvyn, nykyisen tuoton ja puunkulutuksen välisestä suhteesta. (Mit deutschem Referat: Über das Verhältnis zwischen der Holzkonsumtion und der Holzertragsfähigkeit der Waldböden in Finnland.) (Ibid., 15.)

—»— 1920 b. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä, nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend.) (Ibid., 15.)

—»— 1920 c. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. (Mit deutschem Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland.) (Ibid., 15.)

—»— 1921. Siehe CAJANDER 1921 a.

—»— 1922. Vegetationsstatistische Untersuchungen über die Waldtypen. (Acta Forest. Fenn., 20.)

—»— 1923. Ein Beitrag zur Frage der Korrelation zwischen den Eigenschaften des Bodens und dem Zuwachs des Waldbestandes. (Ibid., 25.)

—»— 1924. Suomen metsät, metsävarat ja metsien tila. — Finlands skogar, skogstillgångarna och skogarnas tillstånd. — The Forests of Finland, the Forest Resources and the Condition of the Forests. (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 9.) — Les Forêts de la Finlande. Helsinki. — Vortrag.

ISAMBERT, DECRUSY, TAILLANDIER. 1829. Recueil général des anciennes lois françaises, depuis l'an 420, jusqu'à la révolution de 1789, tome XVIII. Paris.

JACCARD, P. 1913. Eine neue Auffassung über die Ursachen des Dickenwachstums. (Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft, S. 241—279. Stuttgart.)

—»— 1915. Neue Untersuchungen über die Ursachen des Dickenwachstums der Bäume. (Ibid., S. 321—360.)

—»— 1919. Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres. Essai d'une théorie physiologique de leur croissance concentrique et excentrique. Lausanne et Genève.

JAEHN. 1925. Siehe BUSSE 1925.

JAPING. 1911. Über das Wachstum der Kraft'schen Stammklassen im Verlaufe einer zehnjährigen Zuwachsperiode. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 663—686.)

JOHANNSEN, W. 1909. Om Arvelighedsforskning med Henblick paa Skovbruget. (Tidsskr. f. Skovvæs., Rkk. B, S. 114—224.)

—»— 1913. Elemente der exakten Erblichkeitslehre mit Grundzügen der biologischen Variationsstatistik. 2. deutsche Ausgabe. Jena. (Die erste, dänische Ausgabe erschien 1905.)

JONSON, TOR. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I. Granens stamform. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 285*—328*.)

—»— 1911. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. II. Tallens stamform. (Ibid., S. 285*—329*.)

—»— 1912. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. III. Formbestämning å stående träd. (Ibid., S. 235*—275*.)

—»— 1914. Om bonitering av skogsmark. (Ibid., S. 369—392.)

—»— 1918. Massatabeller för träduppskattning. 4. större upplagan. Stockholm.

JØRGENSEN, N. R. 1916. Undersøgelser over Frequensflader og Korrelation. København.

KAPTEYN, J. C. 1903. Skew Frequency Curves in Biology and Statistics. Groningen. —2nd Paper: KAPTEYN and VAN UVEN, M. J. 1916. Groningen.

KARLSSON, GUNNAR och SILFVERBERG, JARL. 1910. Undersökning öfver beståndstillväxten i tallskog af myrtillustyp i Vesijako kronopark. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 187—201.)

KLÆR, THV. 1909. Nogen nye Principer vedkommende Driftsplaners Utarbeidelse. (Tidsskr. f. Skogbr., S. 1—6.)

—»— 1911. Beretning om Forsøksstationens arbeide i 1909 og 1910. (Meddelelser fra den forstlige Forsøksstation paa Solberg i Løiten, No III, S. 23—52. Kristiania.)

—»— 1916. Den forstlige forsøksstation paa Solberg. (Ibid., No V, S. 3—56.)

KIENITZ, M. 1911. Formen und Abarten der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris L.). (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 4—35.)

KNUCHEL, HERMANN. 1914. Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. (Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. XI, S. 1—94.)

—»— 1925 a. Über Bestandeskluppierungen. (Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes., S. 131—136, 169—183.)

—»— 1925 b. Ein neuer Höhenmesser. (Ibid., S. 273—279.)

KÖHLER, CHR. 1919. Stammzahlen. (Aus Württemberg. Unsere Forstwirtschaft im 20. Jahrhundert, X. Tübingen.)

KOJEŠNIK, MORITZ. 1898. Die Bestandespflege mittelst der Lichtung nach Stammzahltafeln und ein Vorschlag zur Benützung einer Normal-Lichtungstafel. Wien.

KOLMODIN, GUSTAF. 1923. Tillväxtundersökningar i Norra Dalarna. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 1—35.)

KÖNIG, G. 1835. Die Forstmathematik. Gotha. (Nach SCHWAPPACH 1886—1888, S. 807.) — 5. Auflage 1864. (Herausgeg. von GREBE.) (Nach MÜLLER 1923, S. 245.)

KÖNIG, G. 1846. Grundzüge der Buchenanerziehung, rein aus der Natur und Erfahrung gegriffen. (Nach v. WEDEKIND 1854.)

KOPEZKY, RICHARD. 1891. Ueber Massenaufnahmen in Versuchsbeständen. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 303—311.)

—»— 1900. Neue Verfahren der Bestandesmassen-Ermittelung. II. (Ibid., S. 415—430.)

—»— 1902. Die Flächestufen und ihre Anwendung in der Holzmesskunde. (Österr. Vierteljahresschr. f. Forstwes., S. 3—19, 294—313.)

KRAEPELIN, K. 1913. Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. II. 2. Auflage. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 427. Leipzig und Berlin.)

KRAFT, GUSTAV. 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover.

—»— 1891. Zur Sperrwuchsfrage. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 327—334.)

KRUTZSCH. 1923. Mitteilungen und Anregungen zur Frage neuer Ertragstafeln für den Gebrauch bei der Sächsischen Forsteinrichtungsanstalt. (Tharandter Forstliches Jahrbuch, S. 183—200, 216—239. Berlin.)

—»— 1925. Das Luftbild im Dienste der Forsteinrichtung. (Ibid., S. 97—150.)

KUJALA, V. 1921. Havaintoja Kuusamon ja sen eteläpuolisten kuusimetsäalueiden metsä- ja suotyypeistä. (Mit deutschem Referat: Beobachtungen über die Wald- und Moortypen von Kuusamo und der südlich von dort gelegenen Fichtenwaldgebiete.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 4, — und Acta Forest. Fenn., 18.)

KUNZE, MAX FRIEDRICH. 1883. Untersuchungen über die Genauigkeit, welche bei Holzmassenaufnahmen durch Klassenprobestämme zu erreichen ist. (Supplemente zum Thar. Forstl. Jahrb., Suppl.-Bd. III, S. 1—17. 1884.)

—»— 1891. Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände. 2. Auflage. — 3. Auflage 1916. — Berlin.

LAKARI, O. J. 1915 a. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. (Acta Forest. Fenn., 5, — und Fennia, 38, N:o 4.)

—»— 1915 b. Metsien nuorentumissuhteista kuivilla kankailla. Vortrag. (Metsätal. Aikakk. (L. pain.) — Forstl. Tidskr. (H-uppl.), S. 457—465.)

—»— 1920 a. Tutkimuksia Pohjois-Suomen metsätyypeistä. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die Waldtypen in Nordfinnland.) (Acta Forest. Fenn., 14.)

—»— 1920 b. Tutkimuksia männyn muodosta. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die Form der Kiefer.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 3, — und Acta Forest. Fenn., 16.)

—»— 1920 c. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltyypillä. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die Zuwachsverhältnisse der Fichte und Kiefer auf dem Dickmoostypus in Nord-Finnland.) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 2.)

LASCHKE, CARL. 1901. Ökonomik des Durchforstungsbetriebes. National-ökonomische Studie eines Forstmannes. Neudamm.

—»— 1902. Geschichtliche Entwickelung des Durchforstungsbetriebes in Wissenschaft und Praxis bis zur Gründung der Deutschen Forstlichen Versuchsanstalten. Neudamm.

LAssILA, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise.) (Acta Forest. Fenn., 14.)

LAUROP, CH. P. 1796. Ueber Forstwirthschaft, besonders ueber Erhaltung, Abtrieb und Wiederanbau der Wälder. Leipzig. (Nach BÜHLER 1918, S. 485. U. a.)

LEVAKOVIĆ, ANTON. 1922. Die Bestandesmassenaufnahme mittels Probestämmen. Wien und Leipzig.

LINDHOLM, WALTER. 1909. Skogsingeniör A. Sivéns analytiska tolkning af tillväxtkurvan. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 1—14.)

—»— 1911. Runkojen lukumäärä ja keskivälimatka. (Mit deutschem Referat: Die Stammzahl und der Mittelabstand.) (Ibid., S. 700—702, Ref. S. 753—754.)

LINKO, SULO. 1914. Tammen leveneminen Maarian, Raision, Kaarinan ja Paraisten pitäjissä. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. Erikoistutk., 1.)

LINKOLA, K. 1916. Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee. I. Allgemeiner Teil. (Acta Soc. pro F. et Fl. Fenn., 45, N:o 1.)

—»— 1917. Itä-Karjalan metsätyyppejä koskevia havaintoja. Vortrag. (Acta Forest. Fenn., 7, S. 224—245.)

—»— 1919. Muistiinpanoja kasvillisuudesta talvikkityypin (Pyrola-tyypin) metsiköissä. (Metsätal. Aikakk. — Forstl. Tidskr., S. 174—182.)

—»— 1921. Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee. II. Spezieller Teil. (Acta Soc. pro F. et Fl. Fenn., 45, N:o 2.)

—»— 1922 a. Zur Kenntnis der Verteilung der landwirtschaftlichen Siedlungen auf die Böden verschiedener Waldtypen in Finnland. (Acta Forest. Fenn., 22.)

—»— 1922 b. Kasvillisuus ja kasvisto. (Suomen Maatalous, S. 94—134. Porvoo.)

—»— 1924. Waldtypenstudien in den Schweizer Alpen. (Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, H. 1, S. 139—224. Zürich.)

LÖNNROTH, ERIK. 1915. »Kiintopistemenettely», uusi tapa arvopuiden kapenemissuhteiden arvioimiseksi. (Manuskript.)

—»— 1917. Ohjeita ja määräyksiä yliopistollisia metsänarvioimisen harjoitustöitä varten. (Mit Schreibmaschine vervielfältigt.) — Uusi laajennettu laitos 1919, 1920: Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. I. II. (Mit Schreibm. vervielfält.)

LÖNNROTH, ONNI. 1913. Kulovalkeat kruunumetsissä. (Mit deutschem Referat: Waldbrände in den Staatsforsten.) (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 523—535, Ref. S. 570.)

VON LOREY, TUISKO. 1878. Die mittlere Bestandeshöhe. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 149—155.)

—»— 1882. Versammlung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten für 1882. (Ibid., S. 388—391.)

—»— 1883. Die mittlere Bestandeshöhe. (Ibid., S. 119—122.)

—»— 1884. Ertragstafeln für die Weisstanne. (Nach den Aufnahmen der Königlich Württembergischen forstlichen Versuchsstation.) Frankfurt am Main.

VON LOREY, TUISKO. 1887–1888. Handbuch der Forstwissenschaft. 1.—2. — 3. Auflage 1912—1913. 1.—4. (Herausgeg. von WAGNER.) — 4. Auflage 1924 —. 1.—4. (Herausgeg. von H. WEBER.) — Tübingen.

—»— 1888. Versammlung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 108—111.)

—»— 1889 a. Versammlung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten für 1888. (Ibid., S. 71—76.)

—»— 1889 b. Versammlung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten für 1889. (Ibid., S. 395—397.)

—»— 1897. Ertragstafeln für die Weisstanne. (Nach den Aufnahmen der Königlich Württembergischen forstlichen Versuchsstation.) Frankfurt am Main.

—»— 1901. Bemerkungen zu einigen Fragen aus dem Gebiete der Holzmesskunde. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 31—33, 77—78.)

LOVÉN, FREDRIK AUGUST. 1891. Das Wachsthum der Kiefer und Fichte in der Schwedischen Provinz Wermland. Kristinehamn. — Tallens och granens tillväxt i Wermland samt dessa skogars ekonomiska mogenhetstid och behandling. 1892. Filipstad.

—»— 1903. Om våra barrskogar. Stockholm.

VON LÖWIS, A. 1814. Anleitung zur Forstwirtschaft für Livland. Riga und Dorpat. (Nach Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. 1894, S. 305, Notizen: Das DRAUDT'sche Verfahren.)

LUBIMENKO, W. 1905.—1908. (Nach STÅLFELT 1921.)

LUKKALA, O. J. 1919. Tutkimuksia viljavan maa-alan jakautumisesta etenkin Savossa ja Karjalassa. (Mit deutschem Referat: Untersuchungen über die Verteilung des fruchtbaren Bodenareals hauptsächlich in den Landschaften Savo (Sawolaks) und Karjala (Karelien).) (Acta Forest. Fenn., 9.)

LUNDEGÅRDH, HENRIK. 1921. Ecological Studies in the Assimilation of Certain Forest-Plants and Shore-Plants. (Svensk Botanisk Tidskrift, S. 46—95. Stockholm.)

—»— 1924. Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Ein Beitrag zur Pflanzenökologie und zur landwirtschaftlichen Düngungslehre. Jena.

MAASS, ALEX. 1904. Skogsförsöksväsendets utveckling i Sverige, nuvarande organisation samt första arbetsprogram. Efter officiella handlingar. (Mit einem deutschen Resumé: Die Entwickelung des forstlichen Versuchswesens in Schweden, seine jetzige Einrichtung und sein erstes Arbeitsprogramm.) (Mitteilungen aus der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens, H. 1, S. 1—24. Stockholm.)

—»— 1908, Kubikinnehallet och formen hos tallen och granen inom Särna socken i Dalarna. (Resumé: Schaftinhalt und Schaftform der Kiefer und Fichte im Kirchspiel Särna in Dalekarlien.) (Ibid., H. 5, S. 227–285, Res. S. XXIII—XXIX.)

—»— 1911 a. Kubikinnehallet och formen hos tallen i Sverige. (Mit deutschem Referat: Schaftinhalt und Schaftform der Kiefer in Schweden.) (Ibid., H. 8, S. 109—157, Ref. S. VII—X.)

—»— 1911 b. Erfarenhetstabeller för tallen. Ett bidrag till kännedomen om normala tallbestand. (Mit deutschem Referat: Ertragstafeln für die Kiefer. Ein Beitrag zur Kenntnis normaler Kiefernbestände.) (Ibid., H. 8, S. 197–244, Ref. S. XV–XX.)

MAASS, ALEX. 1913 a. Avsmalningen i stammens nedersta delar hos tallen och granen. (Mit deutschem Referat: Die Ausbauchung in den untersten Teilen des Stammes bei der Kiefer und Fichte.) (Ibid., H. 10, S. 45—58, Ref. S. V—VI.)
—»— 1913 b. Trädhöjderna i normala tallbestand. (Mit deutschem Referat: Die Stammhöhen in normalen Kiefernbeständen.) (Ibid., H. 10, S. 59—66, Ref. S. VII—VIII.)
MARTIN, H. 1905, 1911. Die Forstliche Statik. Ein Handbuch für leitende und ausführende Forstwirte sowie zum Studium und Unterricht. I. II. Berlin.
MATTSSON (MARN), L. 1916—1917. Formklasstudier i fullslutna tallbestand. (Mit deutschem Referat: Eine Studie über die Formklassen der dichtgeschlossenen Kiefernbestände.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 13—14, S. 261—296, Ref. S. XXIX—XXXII.)
MATTSSON MARN, L. 1920. Slutenhet och slutenhetsfaktorer. (Skogsvardsför. Tidskr., S. 168—194.)
MAYR, HEINRICH. 1906. Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin.
—»— 1909. Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Ein Lehr- und Handbuch. Berlin.
MESSEDAGLIA, ANGELO. 1880. Il calcolo dei valori medi e le sue applicazioni statistiche. (Arch. di Stat.) — Dasselbe französisch: Calcul des valeurs moyennes. (Annales de Démographie internationale.) — (Nach ŽIŽEK 1908, S. 2, 159—162.)
METZGER, C. 1893. Der Wind als massgebender Faktor für das Wachsthum der Bäume. (Münd. Forstl. Hefte, H. III, S. 35 ff.)
—»— 1894—1895. Studien über den Aufbau der Waldbäume und Bestände nach statischen Gesetzen. (Ibid., H. V, S. 61—74; VI, S. 94—119; VII, S. 45—97.)
—»— 1896 a. Dänische Reisebilder. (Ibid., H. IX, S. 71—101; X, S. 75—122.)
—»— 1896 b. Form und Wachstum der Waldbäume im Lichte der Darwinschen Lehre. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 224—233.)
—»— 1899. Ist die in Dänemark gebräuchliche Art der Buchenbestandspflege bisher in Deutschland schon zur Anwendung gelangt und unter welchen Umständen etwa würde sich ihre Einführung in deutschen Waldungen empfehlen? Einleitender Vortrag. (Bericht über die XXVII. Versammlung deutscher Forstmänner zu Schwerin i. M., S. 79—116. Berlin.)
—»— 1908. Über das Konstruktionsprinzip des sekundären Holzkörpers. (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt., S. 249—273.)
—»— 1920. Den danska dubbelklavens användning vid skogstaxation. Vortrag. (Acta Forest. Fenn., 14, S. 151—161.)
MICHALEK, CARL. 1891. Die Bestandesmassenaufnahme. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 312—315.)
MINNI, P. E. 1908. Siehe THOMÉ 1908.
MITSCHERLICH, EILH. ALFRED. 1921. Das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. (Landwirtschaftliche Jahrbücher, S. 71—92. Berlin.)
MÜLLER, UDO. 1923. Lehrbuch der Holzmesskunde. 3. Auflage. Berlin.
MULTAMÄKI, S. E. 1921. Tilastoa Pohjois-Suomen metsä- ja suotyypeistä. (Mit deutschem Referat: Beiträge zur Statistik der Wald- und Moortypen Nordfinnlands.) (Acta Forest. Fenn., 21.)

MÜNCH. 1924—1925. Beiträge zur Kenntnis der Kiefernrassen Deutschlands. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 540—556; 89—123, 151—175.)

NEUBAUER, WILHELM. 1924—1925. Die Bestandesaufnahme nach dem Verfahren des Massenmittelstammes und nach Stammklassen gleicher Masse. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 23—33, 105—115; 1—29, 90—111.)

NORDQUIST, MAGNUS. 1924. Bidrag till kännedomen om förhållandet mellan stamfaktorerna i rena tallbestånd. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 175—196.)

NORMELLI, EMIL. 1897. Undersökningar om Tallens och Granens tillväxt efter Nedre Dalelfven. Kungsgården.

NORRLIN, J. P. 1871 a. Bidrag till Sydöstra Tavastlands Flora. (Notiser ur Sällskapets pro F. et Fl. Fenn. Förhandlingar, H. XI, Ny serie, H. VIII, S. 73—196.) — (In deutscher Sprache: Beiträge zur Flora des südöstlichen Tavastlands. (Acta Forest. Fenn., 23, S. 15—52. 1923.))

—»— 1871 b. Flora Kareliæ onegensis. I. (Not. ur Sällsk. pro F. et Fl. Fenn. Förhandl., H. XIII, N. s., H. X, S. 1—183. 1871—1874.) — (In deutscher Sprache: Flora Kareliæ onegensis I. Über die Vegetation von Onega-Karelien und die naturhistorische Grenze Finnlands sowie Skandinaviens im Osten. (Acta Forest. Fenn., 23, S. 53—162. 1923.))

OLSEN, CARSTEN. 1921. Studier over Jordbundens Brintionkoncentration og dens Betydning for Vegetationen, særlig for Plantefordelingen i Naturen. (Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, Bd. 15, Nr. 1. Kjøbenhavn.)

OPPERMANN, A. 1887. Forelæsninger over Taksations- og Tilvækstlære. (Autogr.) — 2. Udgave 1900: Træmaalings- og Tilvækstlære. (Autogr.) — (Nach A. OPPERMANN 1905 etc.)

—»— 1898—1902. Siehe HAUCH 1898—1902.

—»— 1905. Nogle Træmaalings-Forsøg. (Det forstlige Forsøgsvæsen (i Danmark), Bd. 1, S. 69—96. København.)

—»— 1908. Rødgranens Vækst paa god, midtjydsk Hedebund. (Ibid., Bd. 1, S. 321—352.)

—»— 1909. Arvelighedsforskningen i Skovbrugets Tjeneste. (Tidsskr. f. Skovvæs., Rkk. B, S. 1—24.)

—»— 1912. Højdelag i Bøgebevoksninger. (Mit deutschem Referat: Höhenschichten in Buchenbeständen.) (Det forstl. Forsøgsvæs. i Danm., Bd. 4, S. 1—23.)

—»— 1914. God dansk Bøgeskov belyst ved tre Tilvækstoversigter. (Mit deutschem Referat: Gute dänische Buchenwälder in drei Ertragstafeln dargestellt.) (Ibid., Bd. 4, S. 341—380.)

OPPERMANN, L. 1863. (Den niende danske Landmandsforsamling. 1864. Odense.) (Siehe A. OPPERMANN 1905, S. 70.)

ÖRTENBLAD, TH. 1886. Siehe HOLMERZ 1886.

—»— 1894. Om skogarne och skogshushållningen i Norrland och Dalarne. (Bih. t. Domänst. u. ber. rör. skogsväs. f. år 1893.)

PALMGREN, ALVAR. 1912. Hippophaës rhamnoides auf Åland. (Acta Soc. pro F. et Fl. Fenn., 36, N:o 3.)

—»— 1915—1917. Studier öfver löfängsområdena på Åland. Ett bidrag till kännedomen om vegetationen och floran på torr och på frisk kalkhaltig grund. I.—III. (Ibid., 42, N:o 1.)

PALMGREN, ALVAR. 1922 a. Über Artenzahl und Areal sowie über die Konstitution der Vegetation. Eine vegetationsstatistische Untersuchung. (Übersetzung des vorigen Werkes 3. Teil.) (Acta Forest. Fenn., 22.)

» 1922 b. Zur Kenntnis des Florencharakters des Nadelwaldes. Eine pflanzengeographische Studie aus dem Gebiete Ålands. I. (Ibid., 22.)

» 1925. Die Artenzahl als pflanzengeographischer Charakter sowie der Zufall und die säkulare Landhebung als pflanzengeographische Faktoren. Ein pflanzengeographischer Entwurf, basiert auf Material aus dem Åländischen Schärenarchipel. (Acta Botanica Fennica, 1, N:o 1, Helsingfors, — und Fennia, 46, N:o 2.)

PEARSON, KARL. 1894 etc. Contributions to the Mathematical Theory of Evolution. (Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 185 A, S. 71—110 (for the year 1894, printed 1895); 1895, Vol. 186 A, S. 343—414; 1896, Vol. 187 A, S. 253—318; 1898, Vol. 191 A, S. 229—311; etc. London.)

» 1902. On the Systematic Fitting of Curves to Observations and Measurements. Part II. (Biometr., Vol. II, S. 1—23.)

» and others [Editorial]. 1904. On an Elementary Proof of Sheppard's Formulae for correcting Raw Moments and on other allied Points. (Ibid., Vol. III, S. 308—312.)

» 1905. On the General Theory of Skew Correlation and Non-linear Regression. (Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. XIV.) (Drapers' Company Research Memoirs. Biometric series II. Cambridge.)

» 1914. Siehe Tabellen-Abteilung.

PETRAČIĆ, ANDREAS. 1908. Untersuchungen über die selbständige Bestandesausscheidung von Eiche, Buche und Föhre in Stärke- und Nutzholz-Güteklassen. München.

PETRINI, SVEN. 1921. Stamformsundersökningar. (Summary: Stem form investigations.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 18, S. 165—220.)

PETTERSON, HENRIK. 1924. Naturforskning och skogliga försök som underlag för beståndsvården. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 65—88, 125—174.)

» 1925. Sambandet mellan kronan och stamformen. (Ibid., S. 37—79.)

PFEIFFER, TH., BLANCK, E. und FLUGEL, M. 1912. Wasser und Licht als Vegetationsfaktoren und ihre Beziehungen zum Gesetze vom Minimum. (Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen, Bd. LXXVI, S. 169—236. Berlin.)

VON POELLNITZ, GERHARD. 1914. Praktische Verwendbarkeit logarithmischer Diagramme. (Allgemeines Statistisches Archiv, Bd. 8, S. 19—31. München, Berlin und Leipzig.)

PRESSLER, MAX ROB. 1857. Neue holzwirthschaftliche Tafeln. Dresden.

» 1865. Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirthschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. (Rationeller Forstwirth: Selbstständiges Supplement.) Leipzig.

» 1872. Forstliches Hülfsbuch für Schule und Praxis. (2. Auflage von PRESSLER 1857.) Berlin. — 1868. Bruchstück aus der 3. Abth. (S. 157—191) dieses Werkes.

PRYTZ, C. V. 1888. Massenermittelungsmethode von Rittmeister H. PRYTZ. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 265—268.)

PRYTZ, H. 1889. En Undersøgelse af Vedmassefaktorer. (Tidsskr. f. Skovvæs., Rkk. B, S. 67—128.)

PUSTER. 1917. Die englische Durchforstung. (Forstwiss. Cbl., S. 120—130.)

REBEL, Karl 1924. Forsteinrichtung mit Hilfe des Flugbildes. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 20—28.)

REINAU, E. 1920. Kohlensäure und Pflanzen Ein Beitrag zur Kohlenstoffdüngung der Pflanzen und ein Versuch zu einer geophysischen Pflanzenphysiologie. Halle (Saale).

RENVALL, AUGUST. 1912 Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. (Acta Forest. Fenn., 1.)

—»— 1919. Suojametsäkysymyksestä I.—VI. (Aus dem Finnischen referiert von HEIKINHEIMO: Über die Schutzwaldfrage.) (Ibid., 11. mit Supplementum (1921).)

AF REVENTLOW, CHR. D. FR., Greve. 1811—1812. Formeentlige Resultater af endeel fortsatte Undersögelser angaaende Indflydelsen af Træernes giensidige Afstand paa deres mere eller mindre fordeelagtige Vegetation. (Det Kongelige Danske Videnskabernes-Selskabs Skrivter, Bd. VI, H. II, S. 1—24. 1818. Kiöbenhavn.)

—»— 1879. Forslag til en forbedret Skovdrift, grundet paa Undersøgelser over Træernes Vegetation i Danmarks og Slesvigs Skove. (Udgivet af W. GYLDENFELDT.) Kjøbenhavn.

ROMELL, LARS-GUNNAR. 1922. Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. (Resümee: Die Bodenventilation als ökologischer Faktor.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 19, S. 125—359.)

—»— 1925. Växttidsundersökningar a tall och gran. (Résumé: Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'épicéa durant la période de végétation.) (Ibid., H. 22, S. 45—124.)

RÓNAI, GEORG. 1914. Bisherige Ergebnisse der Likavaer Durchforstungsversuchsflächen D, E und F. (VII. Versammlung des Internationalen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten in Ungarn 1914.) (Als Manuskript gedruckt.) Budapest.

TRISTAN, marquis DE ROSTAING. (Siehe HAUG 1896, S. 312.)

RUBNER, KONRAD. 1920. Baumkronenform und Schattenfestigkeit. (Forstwiss. Cbl., S. 249—258.)

—»— 1921. Ökologische und pflanzengeographische Lichtfragen. (Ibid., S. 327—345.)

—»— 1924. Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Neudamm. 2. Auflage 1925.

SAARI, EINO. 1922. Kotitarvepuun kulutus maaseudulla Turun ja Porin läänissä. (Mit deutschem Referat: Über den Verbrauch des Holzes im Hausbedarf auf dem Lande in dem Län Turku-Pori (Abo-Björneborg).) (Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed., 5.)

—»— 1923. Kuloista, etupäässä Suomen Valtionmetsiä silmällä pitäen. Tilastollinen tutkimus. (English summary: Forest Fires in Finland, with Special Reference to the State Forests. Statistical Investigation.) (Acta Forest. Fenn., 26.)

VON SALISCH, HEINRICH. 1885. Forstästhetik. Berlin. — 3. Auflage 1911.
SANIO, KARL. 1872—1873. Anatomie der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris L.). II. (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. IX, S. 50—126. 1873—1874. Leipzig.)
SCHIFFEL, ADALBERT. 1900. Ueber Bestandeshöhen und Bestandesformzahlen. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 287—310.)
— — 1903. Über die gesetzmässigen Beziehungen der Massenfaktoren in normalen Fichtenbeständen. (Ibid., S. 189—207.)
— — 1904. Wuchsgesetze normaler Fichtenbestände. (Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr., H. XXIX, S. 1—89.)
SCHMIDT. 1923. Über neue Untersuchungen zum Kohlensäureproblem. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 534—542, 715—717.)
— — 1924. Vegetationsversuche zum Ertragsfaktor Licht. (Ibid., S. 461—472.)
SCHMIED, HERBERT. 1918. Vergleichbare Schaftformdarstellungen. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 193—202.)
SCHOTT, PETER KARL. 1907. Rassen der gemeinen Kiefer. (Forstwiss. Cbl., S. 199—218, 262—279.)
SCHOTTE, GUNNAR. 1912. Om gallringsförsök. (Mit deutschem Referat: Über Durchforstungsversuche.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 9, S. 211—269, Ref. S. XXXI—XXXVIII.)
— — 1913. Trenne gallringsytor a Skagersholms kronopark. Ett bidrag till kännedomen om barrblandskogen. (Mit deutschem Referat: Drei Durchforstungsflächen in der Staatsforst Skagersholm. Ein Beitrag zur Kenntnis des Nadelmischwalds.) (Ibid., H. 10, S. 181—210, Ref. S. XXIII—XXVII.)
— — 1916—1917. Lärken och dess betydelse för svensk skogshushållning. (English summary: The Larch and its Importance in Swedish Forest Economy.) (Ibid., H. 13—14, S. 529—840, sum. S. LIX—LXXXIV.)
— — 1920—1924. Skogsförsöksanstaltens exkursionsledare. I.—IX. (Tryckta som manuskript.) Stockholm.
— — 1923 a. Instruktion för anläggande av försöksytor. (Korrektur.) Stockholm.
— — 1923 b. Siehe Jubileumsutställningen i Göteborg 1923.
SCHRODER, C. H. 1881. Hvorledes kommer man til en mere ensartet Forstaaelse om Reglerne for Gjennemhugningen og for Bestandsplejen i det Hele taget. Einleitender Vortrag. (Tidsskr. f. Skovbr., S. 111—132. 1883. Kjhvn.)
SCHUBERG, K. 1880. Das Gesetz der Stammzahl und die Aufstellung von Waldertragstafeln. (Forstwiss. Cbl., S. 213—230, 269—292.)
— — 1888. Mitteilungen über den Wuchs und Ertrag der Waldbestände im Schluss und Lichtstande. I. Die Weisstanne bei der Erziehung in geschlossenen Beständen. (Nach den Aufnahmen in badischen Waldungen.) (Aus deutschen Forsten. Tübingen.)
SCHULLERMANN, W. 1913. Die Lichtstandspflanzung. (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt., S. 231—237, 337—340.)
SCHÜPFER, VINCENZ. 1903. Die Entwickelung des Durchforstungsbetriebes in Theorie und Praxis seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der bayerischen Verhältnisse. München.
SCHWAPPACH, ADAM. 1886—1888. Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte Deutschlands. I.—II. Berlin.

SCHWAPPACH, ADAM. 1889. Wachsthum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene. (Nach den Aufnahmen der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens.) Berlin.

—»— 1890. Wachsthum und Ertrag normaler Fichtenbestände. (Nach den Aufnahmen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten.) Berlin.

—»— 1891. Zur Methode der Massenermittelung bei forstlichen Versuchsarbeiten. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 517—529.)

—»— 1893. Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. (Nach den Aufnahmen der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens.) Berlin.

—»— 1902 a. Untersuchungen über Zuwachs und Form der Schwarzerle. (Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Preussens. Neudamm.)

—»— 1902 b. Versammlung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten zu Dresden 1902. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 666—682.)

SCHWARZ, FRANK. 1899. Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin.

SCHWENDENER, S. 1874. Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen, mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Leipzig.

VON SEEBACH, M. L. 1844. Ueber die Durchforstungen, besonders im Buchenhochwalde, und ueber räumlichen Baumstand. (Geschr. Nov. 1843.) (Forstliches Cotta-Album, S. 231 ff. Breslau.) (Nach SCHUPFER 1903, S. 30 ff.)

—»— 1861. Zur Holzmesskunst. (Supplemente zur Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., Suppl.-Bd. III, S. 1 ff.) (Nach SCHMIED 1918, S. 195.)

SEGELCKE. (Siehe RATKEN-FIND 1922, S. 31 ff.)

SEGERDAHL, G. 1843. Handledning för Skogars Indelning, Afwerkning och Återsädd, med Practiska hänvisningar genom bifogade, under olika förhallanden utförda, Skogs-indelningar, jämte tillhörande Charta och Tabeller. Wenersborg.

—»— 1852. Lärokurs uti skogshushallningen. Falun. (Nach MAASS 1911 b, S. 198.)

—»— 1861. Erinringar uti Skogstaxationsläran, med hufvudsakligt afseende a svenska trakthygget. Stockholm. 2. Upplagan 1868: Handbok i skogsuppskattnings-läran.

SHEPPARD, W. F. 1897. On the Calculation of the Average Square, Cube, etc., of a large number of Magnitudes. (Journ. of the Roy. Stat. Soc., Vol. LX.) (Nach YULE 1916. — U. a.)

—»— 1898. On the Calculation of the most Probable Values of Frequency-Constants, for Data arranged according to Equidistant Divisions of a Scale. (Proceedings of the London Mathematical Society, Vol. XXIX, S. 353—380. London.)

—»— 1903. Siehe Tabellen-Abteilung.

SILFVERBERG, JARL. 1910. Siehe KARLSSON 1910.

SJÖVÉN, ALBERT. 1891. Följer höjd- och diametertillväxten hos furuträden matematiskt bundna lagar? (Finska Forstför. Medd., S. 140—150.)

—»— 1896. Grundsätze zur Berechnung des Höhenwachstums der Nadelhölzer. (Forstwiss. Cbl., S. 91—94.)

SIVÉN, ALBERT. 1904. Om användningen af logaritmiska exponentialserier för beräknande af rät- och kroklinig tillväxtökning. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 16—23.)
—»— 1905. Beteckningssättet för bestandstätheten. (Ibid., S. 191—196.)
—»— 1907. Ett försök att analysera skogsbestånd. (Ibid., S. 114—132.)
SJÖSTEDT, FREDRIC. 1792. Om Medel At Underhålla och öka Skogväxten i Finland. Förra Delen. (Under Inseende af PEHR ADRIAN GADD.) Åbo.
SKOIEN, OLAF. 1923. Bonitering av skogmark. En ny boniteringstabell. (Tidsskr. f. Skogbr., S. 223—236.)
SPEIDEL, E. 1888. Die Ermittelung der Zuwachsleistungen der einzelnen Stammklassen eines Bestandes. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 233—235.)
—»— 1889. Waldbauliche Forschungen in württembergischen Fichtenbeständen mit Beiträgen zur Wirtschaftsgeschichte, Zuwachs- und Durchforstungs-Lehre. Tübingen.
—»— 1893. Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes und zur Durchforstungslehre. Tübingen.
SPIRGATIS. 1923. Untersuchungen über den Wachstumsfaktor Kohlensäure. Königsberg. (Nach SCHMIDT 1923.)
STÅLFELT, M. G. 1921. Till kännedomen om förhallandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. (Resümée: Zur Kenntnis der Kohlehydratproduktion von Sonnen- und Schattenblättern.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 18, S. 221—280.)
—»— 1923. Om skogsträdens kolsyreassimilation och dess betydelse för produktionen. Barrträdens kolsyreassimilation. Vortrag. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 282—289, — und Första nord. skogskongr. förhandl. 1923, S. 72—79, 1924.)
—»— 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. (Resümee: Untersuchungen zur Ökologie der Kohlensäureassimilation der Nadelbäume.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 21, S. 181—258.)
STALSBERG, TH. 1882. Tilvæxtberegninger. (Den Norske Forstforenings Aarbog, S. 142—168. Kristiania.)
STEBLER, F. G. und VOLKART, A. 1905. (Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, Bd. 19. Bern.) (Siehe PFEIFFER etc. 1912, S. 204, 210.)
STEFFENSEN, J. F. 1923. Matematisk lagttagelseslære. København.
AF STRÖM, I. AD. 1830. Handbok för Skogshushållare. 2. Upplagan. Stockholm. — 1. Upplagan 1822: Förslag till en förbättrad Skogshushallning i Sverige, jemte Utkast till dess Systematiska verkställande.
SYLVÉN, NILS. 1914. Våra skogars markvegetation och dess samband med markboniteten. Einleitender Vortrag. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 493—517.)
—»— 1916. De svenska skogsträden. En skogsbotanisk handbok. I. Barrträden. Stockholm.
—»— 1916—1917. Den nordsvenska tallen. (Mit deutschem Referat: Die nordschwedische Kiefer.) (Mitt. a. d. forstl. Versuchsanst. Schwed., H. 13—14, S. 9—110, Ref. S. I—XII.)
TAILLANDIER. 1829. Siehe ISAMBERT 1829.
TANTTU, ANTTI. 1909. Mäntymme kuori. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 119—145.)

TANTTU, ANTTI. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. (Mit deutschem Referat: Studien über die Aufforstungsfähigkeit der entwässerten Moore.) (Acta Forest. Fenn., 5.)

THALER. 1897. Beitrag zur Durchforstungsfrage. (Forstwiss. Cbl., S. 601—605.)

—»— 1902. Baumwahl und Baumpflege. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 149—153.)

THIELE, T. N. 1889. Almindelig Iagttagelseslære. København. (Nach THIELE 1903. — FISHER 1922, S. 182 ff.)

—»— 1897. Elementær Iagttagelseslære. København.

—»— 1903. Theory of Observations. London.

THOMÉ, NILS ja MINNI, P. E. 1908. Lisäkasvututkimuksia vierinkivimailla puhtaissa, tasaikäisissä, apuharvennetuissa mäntymetsissä. (Suom. Metsänhoitoyhd. Julk. — Finska Forstför. Medd., S. 109—134.)

TISCHENDORF, WILHELM. 1925 a. Die Genauigkeit von Messungsmethoden und Messungsergebnissen bei Holzmassenermittlungen. (Forstwiss. Cbl., S. 317—333, 415—436, 506—515, 614—625.)

—»— 1925 b. Gesetzmässigkeit des Höhen- und Stärkenzuwachses unserer Nadelhölzer während ihrer Vollkraft. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 69—90, 217—237.)

—»— 1925 c. Mittelstammdimensionen. (Forstwiss. Cbl., S. 787—798.)

URICH, CARL. 1860. Die Ermittelung der Holzmassen. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 381—388.)

URSTADT, KARL FRIEDRICH. 1906. Kritische Betrachtung der Weber'schen Formeln über die Wachstumsgesetze des Einzelstammes und ihrer Anwendbarkeit. Darmstadt.

—»— 1909. Ueber die Theorie des Höhenwachstums der Waldbäume. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 225—238.)

VAN UVEN, M. J. 1916. Siehe KAPTEYN 1916.

VALMARI, J. 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. (Acta Forest. Fenn., 20.)

VARENNE DE FENILLE, PH. CH. M. 1790—1791. Mémoires sur l'administration forest. — E. 2. 1807. (Nach HAUG 1896, S. 312.)

VATER, H. 1912. Über die Anstellung waldbaulicher Versuche und über die Klassen der forstlichen Ertragstafeln. (Thar. Forstl. Jahrb., S. 252—264.)

—»— 1923. Zur Weiterentwicklung der Ertragstafeln. (Ibid., S. 161—182.)

VOLKART, A. 1905. Siehe STEBLER 1905.

VORKAMPFF-LAUE. 1905. Baumhöhenmesser. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 36.)

WAGENER, GUSTAV. 1875. Anleitung zur Regelung des Forstbetriebs nach Massgabe der nachhaltig erreichbaren Rentabilität und in Hinblick auf die zeitgemässe Fortbildung der forstlichen Praxis. Berlin.

WAGNER, C. 1907. Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde. Tübingen. — Spätere Aufl. 1911, 1914, 1923.

—»— 1912—1913. Siehe v. LOREY 1887—1888, 1912—1913.

WAPPES, LORENZ. 1924. Grundlegung, Gliederung und Methode der Forstwissenschaft. (v. LOREY—WEBER, Handbuch der Forstwissenschaft, Bd. 1, S. 1—42.)

WEBER, HEINRICH. 1924—. Siehe v. LOREY 1887—1888, 1924—.

WEBER, RUDOLF. 1891. Lehrbuch der Forsteinrichtung, mit besonderer Berücksichtigung der Zuwachsgesetze der Waldbäume. Berlin.

—»— 1899. Ueber die mathematischen Beziehungen zwischen dem arithmetischen Mittelstamm und der Bestandesmasse. (Allg Forst- u. Jagd-Zeit., S. 189—206.)

VON WEDEKIND, G. W., Freiherr. 1854. Die Hauptmomente der Buchenhochwaldzucht in rein praktischer Beziehung. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 441—454.)

WEINKAUFF. 1909. Abstandsdurchforstung und Bestandseinrichtung. (Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt., S. 578—583.)

—»— 1913. (Mitteilungen vom Vereine der höheren Forstbeamten Bayerns, H. 2, 3.). (Siehe PUSTER 1917.)

WEIS, FR. 1924. Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne i typiske danske Bøgeskove. (Dansk Skovfor. Tidsskr., S. 185—336.)

WEISE, WILHELM. 1880. Ertragstafeln für die Kiefer. (Im Auftrage des Vereins deutscher forstlicher Versuchs-Anstalten bearbeitet durch die Königlich Preussische Hauptstation des forstlichen Versuchswesens.) Berlin.

—»— 1885. Zur Frage der Bestandsnormalität. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 377—380.)

—»— 1887. Die Wirkung des Nebenbestandes und des Windes auf die Beastung der Bestände. (Aus dem Walde, Nr. 23, 24.) (Nach WEISE 1889, S. 141.)

—»— 1889. Studien über den Schluss der Bestände und seine Einwirkung auf den Zuwachs. (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes., S. 129—146, 327—347.)

—»— 1893. Plenterdurchforstung oder Hochwald in Fichten? (Münd. Forstl. Hefte, H. IV, S. 1—29.)

—»— 1896 a. Die Kiefernertragstafeln von 1880. (Ibid., H. X, S. 1—21.)

—»— 1896 b. Eine einfache Methode für die Aufstellung von Ertragstafeln für die Kiefer. (Ibid., H. X, S. 22—35.)

WESTBERG, H. 1895. Tabell för uppskattning af å rot stående skog. — Ny upplaga 1920. Västervik.

WESTERGAARD, HARALD. 1915. Statistikens Teori i Grundrids. 2. Udgave. København. — 1. Udgave. 1890.

WICKSELL, S. D. 1917. The Correlation Function of Type A, and the Regression of its Characteristics. (Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Bd. 58, N:o 3. Stockholm.)

—»— 1920. Elementen av statistikens teori med särskild hänsyn till befolkningsstatistiken. (Svenska Försäkringsföreningens Publikationsserie, N:r 2. Stockholm. (Lund.))

WIEDEMANN, EILHARD. 1924. Fichtenwachstum und Humuszustand. Weitere Untersuchungen über die Wuchsstockungen in Sachsen. (Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bd. XIII, H. 1. Berlin.)

WIESNER, J. 1907. Der Lichtgenuss der Pflanzen. Photometrische und physiologische Untersuchungen mit besonderer Rücksichtnahme auf Lebensweise, geographische Verbreitung und Kultur der Pflanzen. (Eine zusammenfassende Arbeit der zahlreichen vorher erschienenen Arbeiten des Verfassers.) Leipzig.

WILHELM, KARL. 1896. Siehe HEMPEL 1896.

WIMMENAUER, KARL. 1893. Ertragstafeln für Buchenhochwald in Oberhessen. (Allg. Forst- u. Jagd-Zeit., S. 300—306.)

—»— 1900. Ertragsuntersuchungen im Eichenhochwald. (Ibid., S. 2—9.)

—»— 1909. Zur mathematischen Interpretation der Zuwachskurven. (Ibid., S. 238—239.)

WIMMER, EMIL. 1914. Die gesetzmässigen Beziehungen der Massenfaktoren in normalen Buchenbeständen. (Cbl. f. d. ges. Forstwes., S. 354—363.)
WIRTH, WILHELM. 1920. Spezielle psychophysische Massmethoden. (ABDERHALDEN, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. VI, Methoden der experimentellen Psychologie, A, Heft 1. Reine Psychologie.)
WRETLIND, J. E. 1917. Om tallens och granens bark. (Skogsvårdsför. Tidskr., S. 22—60.)
YULE, G. UDNY. 1916. An Introduction to the Theory of Statistics. 3. Edition. London.
ŽIŽEK, FRANZ. 1908. Die Statistischen Mittelwerte. Eine methodologische Untersuchung. Leipzig.
—»— 1923. Grundriss der Statistik. 2. Auflage. München und Leipzig.

* * *

Anleitung zur Vornahme von Untersuchungen über die Wirkungen der Durchforstungen. (Aufgestellt vom k. b. Staatsministerium der Finanzen am 30. März 1870.) (Nach GANGHOFER 1884, S. 257—263.)
Anleitung für Durchforstungsversuche. (Festgestellt vom Vereine deutscher forstl. Versuchsanstalten bei der Berathung zu Mühlhausen im September 1873.) (Nach GANGHOFER 1884, S. 247—256.)
Anleitung zur Ausführung von Durchforstungs- und Lichtungs-Versuchen. (Festgestellt vom Vereine deutscher forstlicher Versuchsanstalten bei der Berathung zu Dresden im September 1902.) (Nach SCHWAPPACH 1902 b, S. 668—674.)
Arbeitsplan (XIV) für die Aufstellung von Holzertragstafeln (nach dem Entwurfe der preussischen Versuchsanstalt vereinbart bei den Berathungen der Vertreter forstlicher Versuchsanstalten zu Eisenach im März 1874 (mit Zusätzen -76, -77, -79, -80)). (Nach GANGHOFER 1881, S. 385—396; Vorbemerkungen S. 353—384; Formulare, erläuternde Bemerkungen, Exemplifikationen, Noten, geschichtliche Notizen, usw. S. 397—504.)
Arbeitsplan (XXIV) für die Erhebung der Stammzahl normal erscheinender Hochwaldbestände. (Vom Vereine deutscher forstlicher Versuchsanstalten, festgestellt bei der Berathung zu Eisenach im August 1881.) (Nach GANGHOFER 1884, S. 203—208.)
Arbeitsplan für die Sammlung des Materials zum Zwecke der Aufstellung forstlicher Bestandesmassen- und Ertragstafeln. 1897. (Verlag der k. k. forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn bei Wien.) (Als Manuscript gedruckt.) Wien.
BARLOW's Tables of squares, cubes, square roots, cube roots, reciprocals, of all integer numbers up to 10,000. (Stereotype edition.) 1912. 1921. London.
Berichte über Versammlungen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten für die J. 1882 (München), 1887 (Koblenz), 1888 (Ulm), 1889 (Tharand). (Nach v. LOREY 1882, 1888, 1889 a, 1889 b.)
Föreskrifter vid anläggandet af försöksytor för gallringar och ljushuggningar. (Meddelade Svenska statens skogsförsöksanstalt af Sveriges Domänstyrelse den 3 juni 1903, att tills vidare tjäna såsom ledning vid anstaltens arbeten.) (Nach MAASS 1904.)

Föreskrifter angaende de allmänna skogarnas indelning till ordnad hushållning. (Utfärdade av Kungl. Domänstyrelsen den 27 Maj 1916.) Stockholm.

GIBSON, WINIFRED. 1906. Tables for Facilitating the Computation of Probable Errors. (Biometr., Vol. IV, S. 385—393, — und PEARSON 1914, S. XXII—XXIII, 12—18.)

Instruction für die Begrenzung, Vermessung und Betriebseinrichtung der österreichischen Staats- und Fondsforste. 3. Auflage. (Separat-Abdruck aus dem Jahrbuch der Staats- und Fondsgüter-Verwaltung, Bd. V. 1901. Wien.)

Jubileumsutställningen i Göteborg 1923, Specialkatalog för Skogsbruk, Trävaru- och Pappersindustri. Göteborg.

Kolonisationskommittén. 1922. Förslag till kolonisation å kronoparker i Norrland och Dalarna — —. (Statens offentliga utredningar 1922: 22. Jordbruksdepartementet. Stockholm.)

Kommissionen för försökstaxering rörande virkeskapital, tillväxt m. m. av skogarna i Värmlands län. 1914. Värmlands läns skogar jämte plan till en taxering av Sveriges samtliga skogar. (Betänkande.) Stockholm.

—»— 1916. Skogstillståndet år 1911 i Värmlands län på mark i bolags ägo i jämförelse med skogstillståndet på annan mark. Stockholm.

PEARSON, KARL. 1914. Tables for Statisticians and Biometricians. Cambridge.

SHEPPARD, W. F. 1903. New Tables of the Probability Integral. (Biometr., Vol. II, S. 174—190, — und PEARSON 1914, S. XVII—XXI, 2—10.)

Sitzungsbericht der IV. Versammlung des Internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten zu Mariabrunn 1903. (Nach Cbl. f. d. ges. Forstwes. 1903, S. 419—439, 469—498, 513—548.)

Graphische Tafeln

Fig. 2—60

(Fig. 1 auf S. 183)

MT = Myrtillus-Typ

VT = Vaccinium-Typ

CT = Calluna-Typ

(Vgl. S. 70 ff.)

I, II = Teilbestände

1, 2, 3, 4 = Etagen

a, b, c, c_a, B, (t) = Baumklassen

(Vgl. S. 54)

M_1 = Arithmetisches Mittel

M_2 = Quadratisches »

M_3 = Kubisches »

M_4 = Biquadratisches »

M_h = Harmonisches »

M_0 = Obermittel

σ = Dispersion (Streuung)

V = Variationskoeffizient

S = Asymmetriekoeffizient

E = Exzesskoeffizient

(Vgl. S. 100 und 117 ff.)

$\triangle$ = Differenz

A = Alter

Stammzahl N

(Lebende Bäume)

Fig. 2—8

(Vgl. S. 154—169)

Fig. 2 (S. 155 ff.)

Fig. 3 (S. 161 ff.)

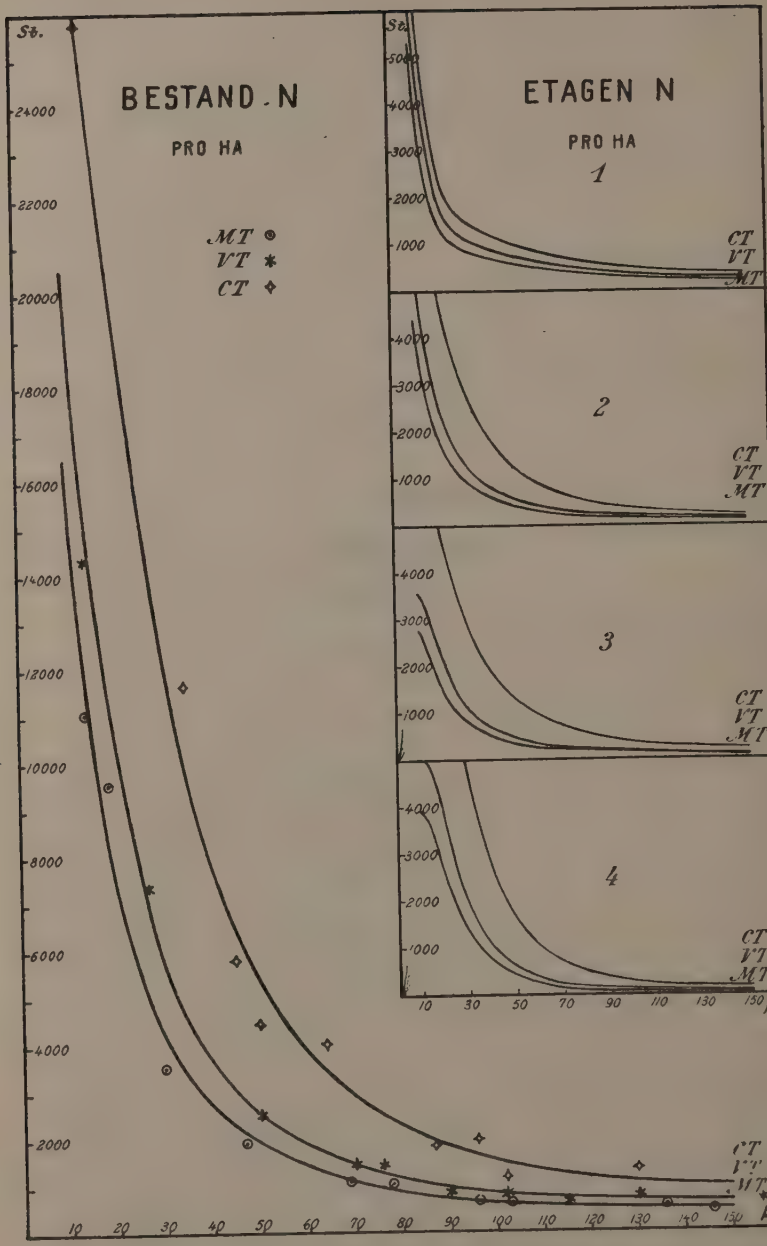


Fig. 2 (S. 155 ff.)

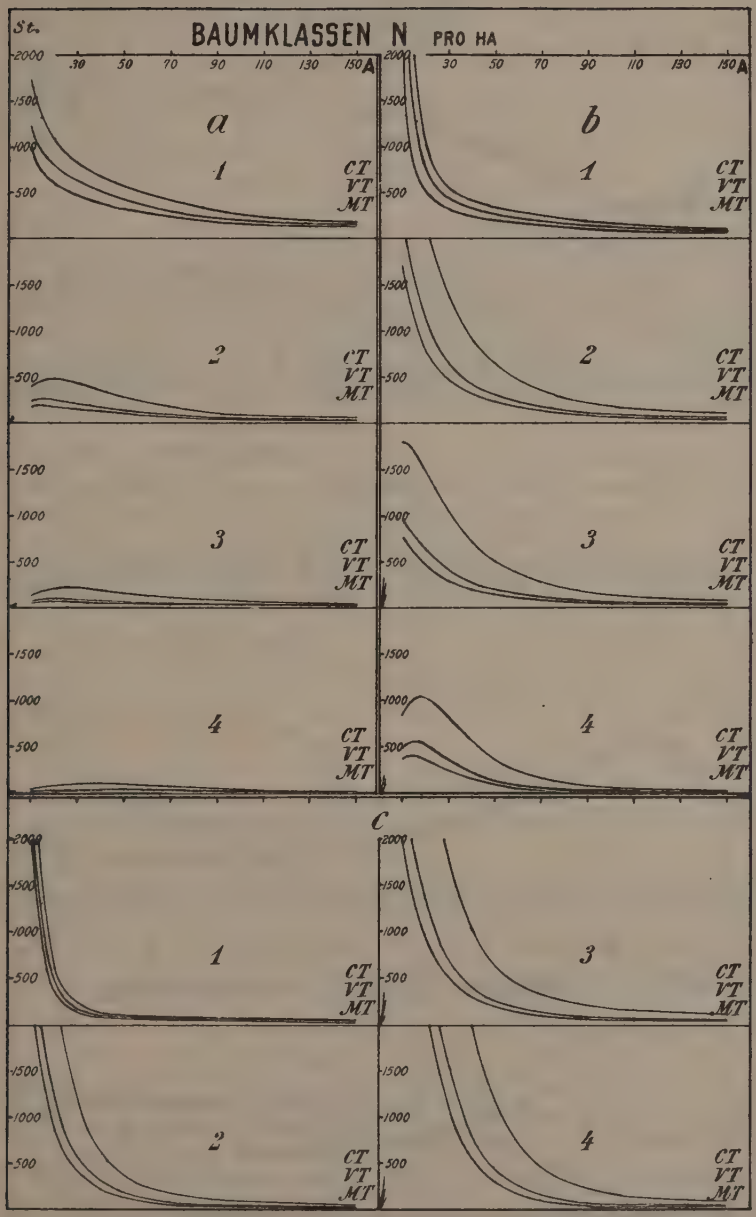

St.
BAUMKLASSEN N PRO HA
30 50 70 90 110 130 150 A
2000
1500
1000
500
a
b
c
1
2
3
4
CT
VT
MT

Fig. 4 (S. 169)

Fig. 5 (S. 159 ff.)

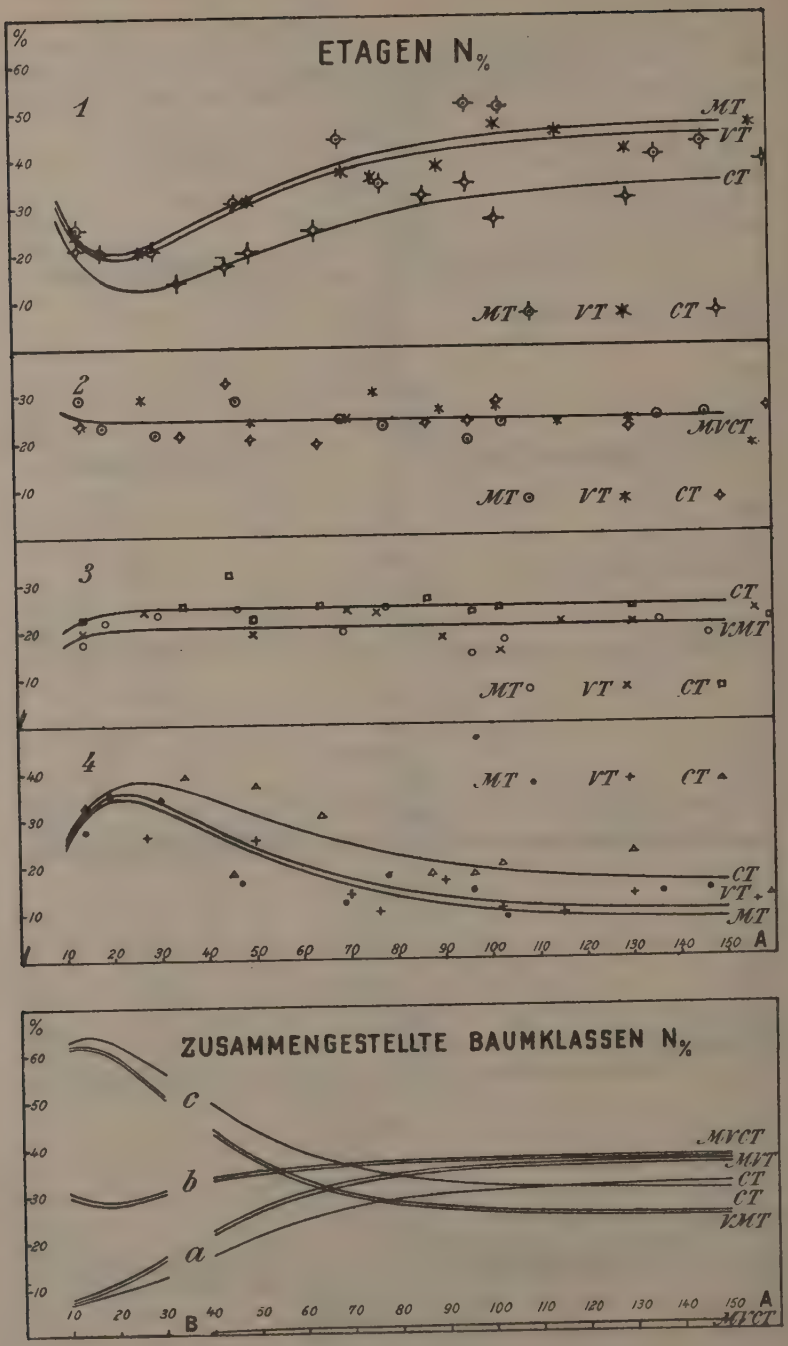


Fig. 6 (S. 166 ff.)

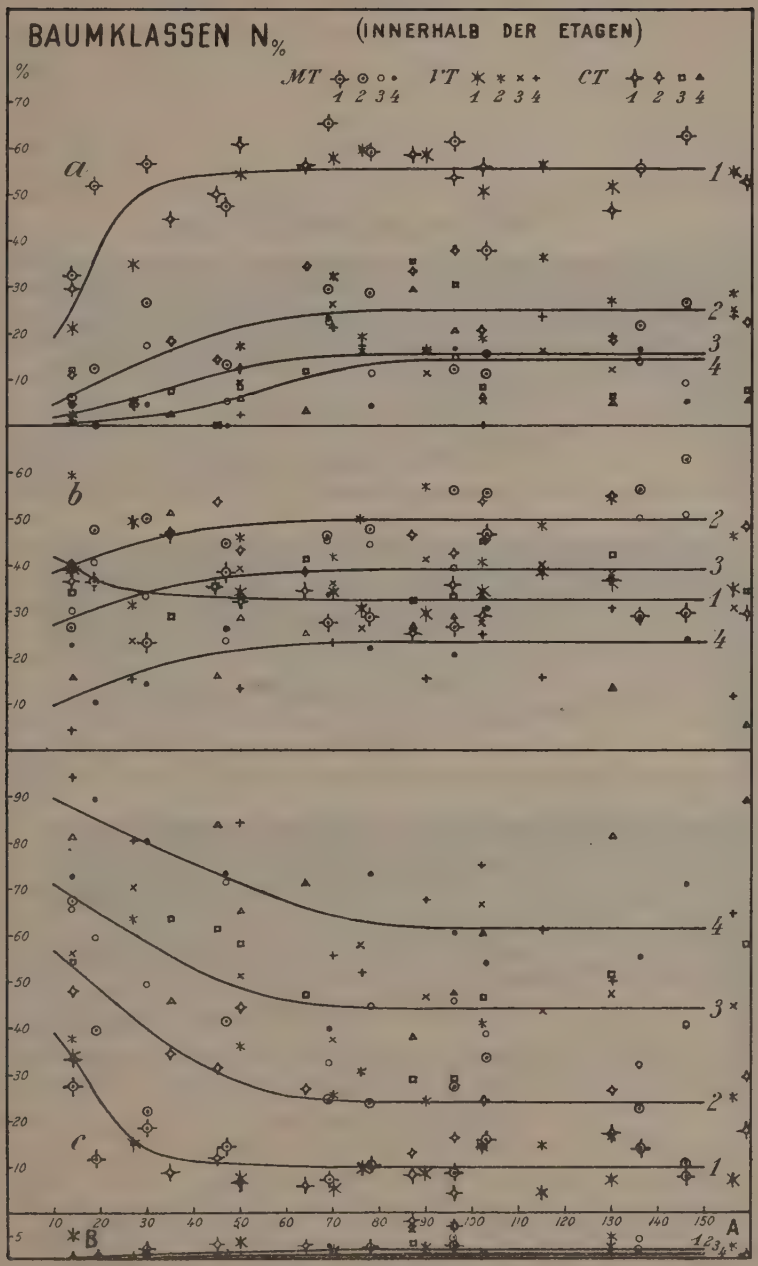

BAUMKLASSEN N%
(INNERHALB DER ETAGEN)
%
MT 1 2 3 4
IT 1 2 3 4
CT 1 2 3 4
a
b
c
A
B

Fig. 7 (S. 163 ff.)

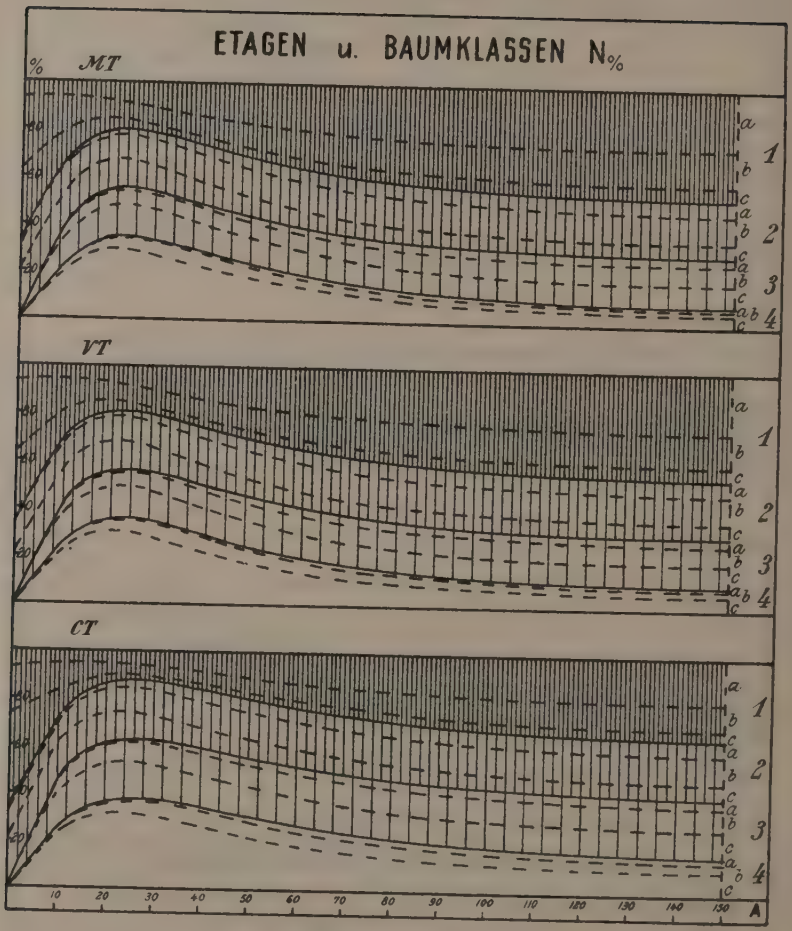

ETAGEN u. BAUMKLASSEN N%
%
MT
VT
CT
a
b
c
1
2
3
4
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
A

Fig. 8 (S. 159 ff.)

Höhe H

(Stammhöhe vom Bodenpunkt)

Fig. 9—19

(Vgl. S. 169—191)

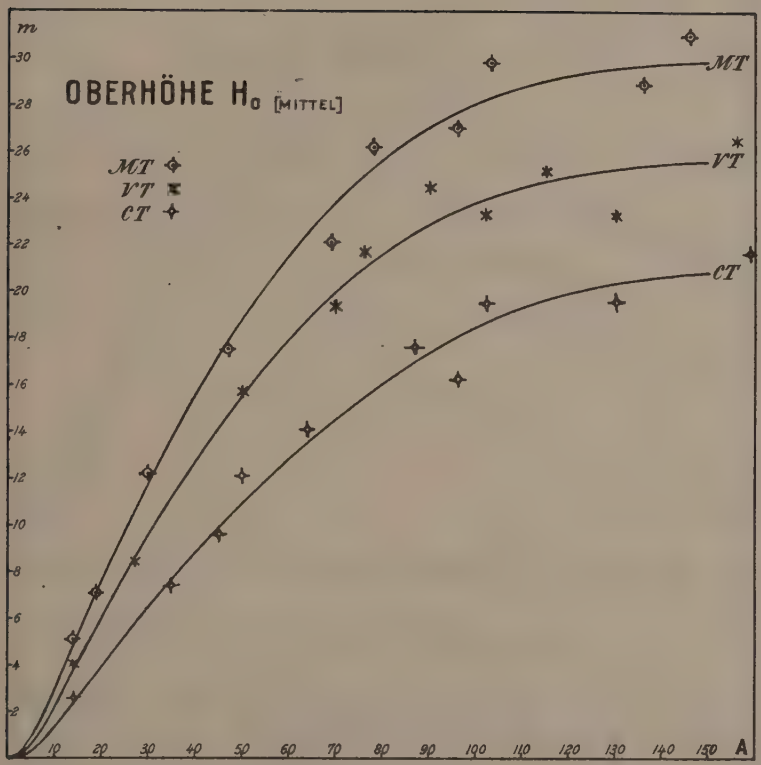

m
OBERHÖHE H_0 [MITTEL]
MT
VT
CT
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
A

Fig. 9 (S. 170 ff.)

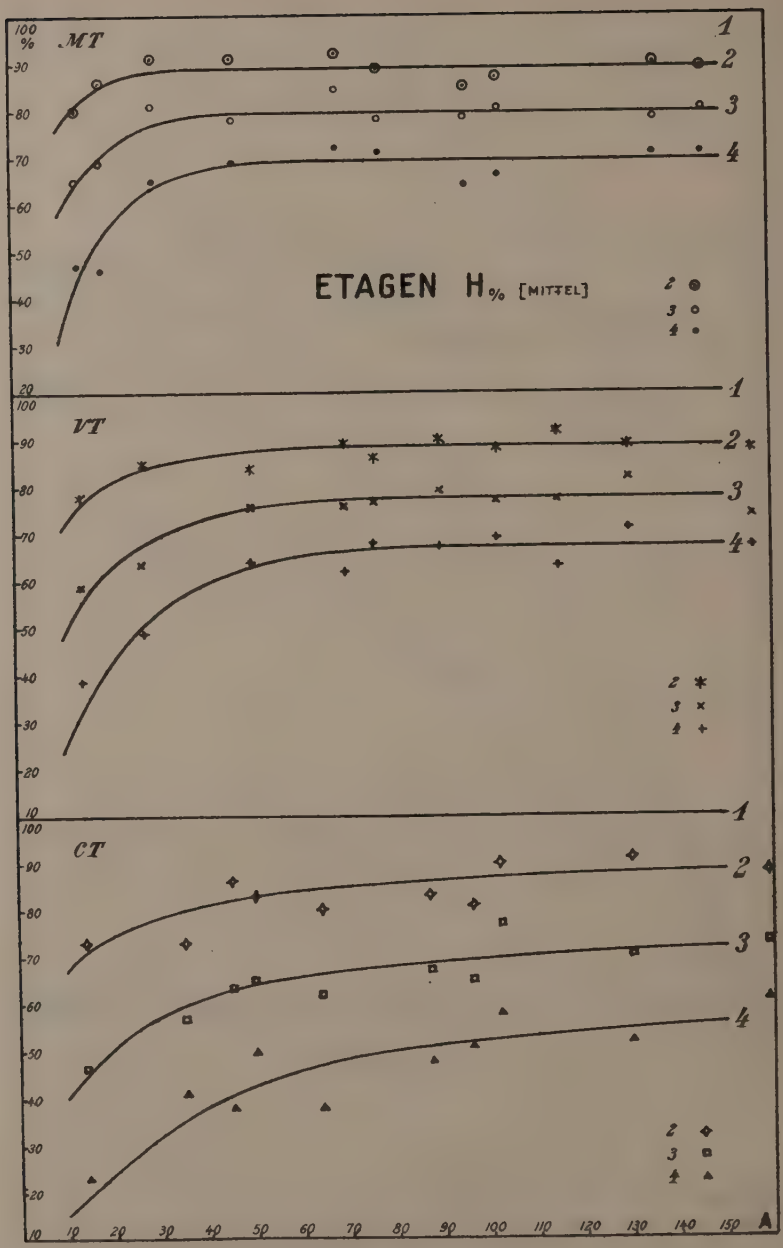


Fig. 10 (S. 170 ff.)

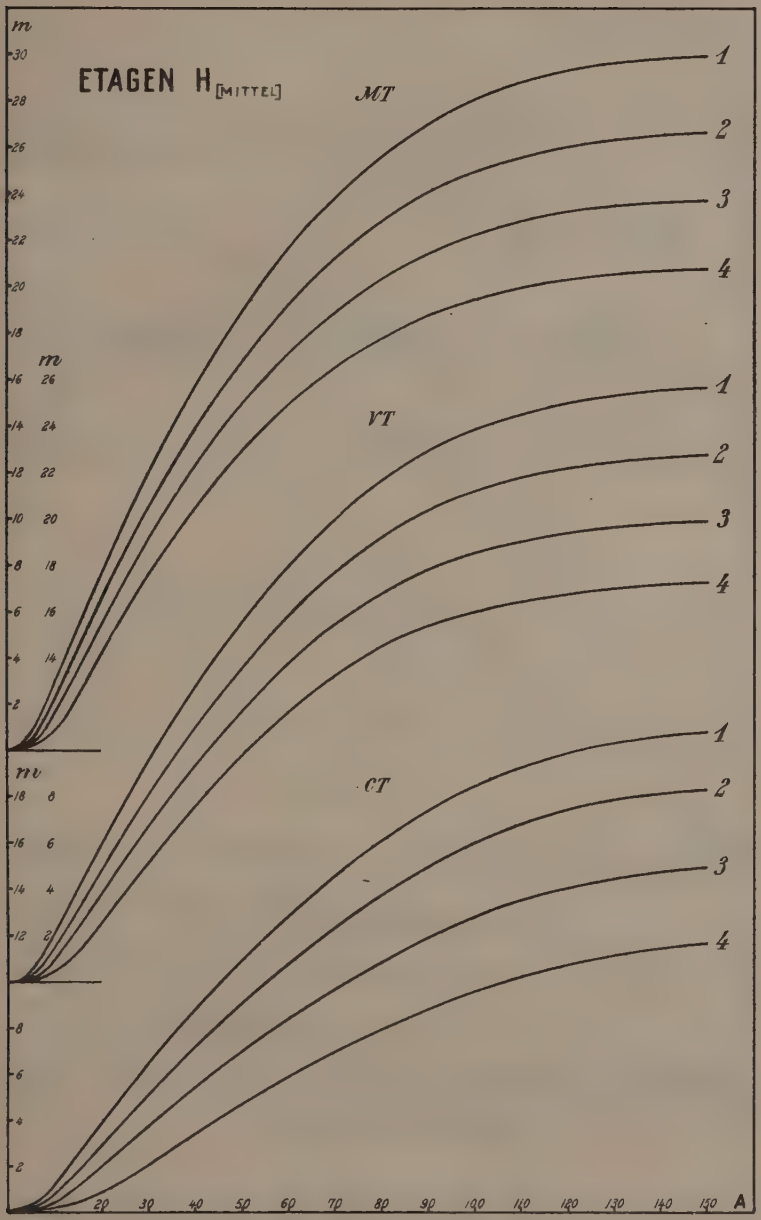


Fig. 11 (S. 170 ff.)

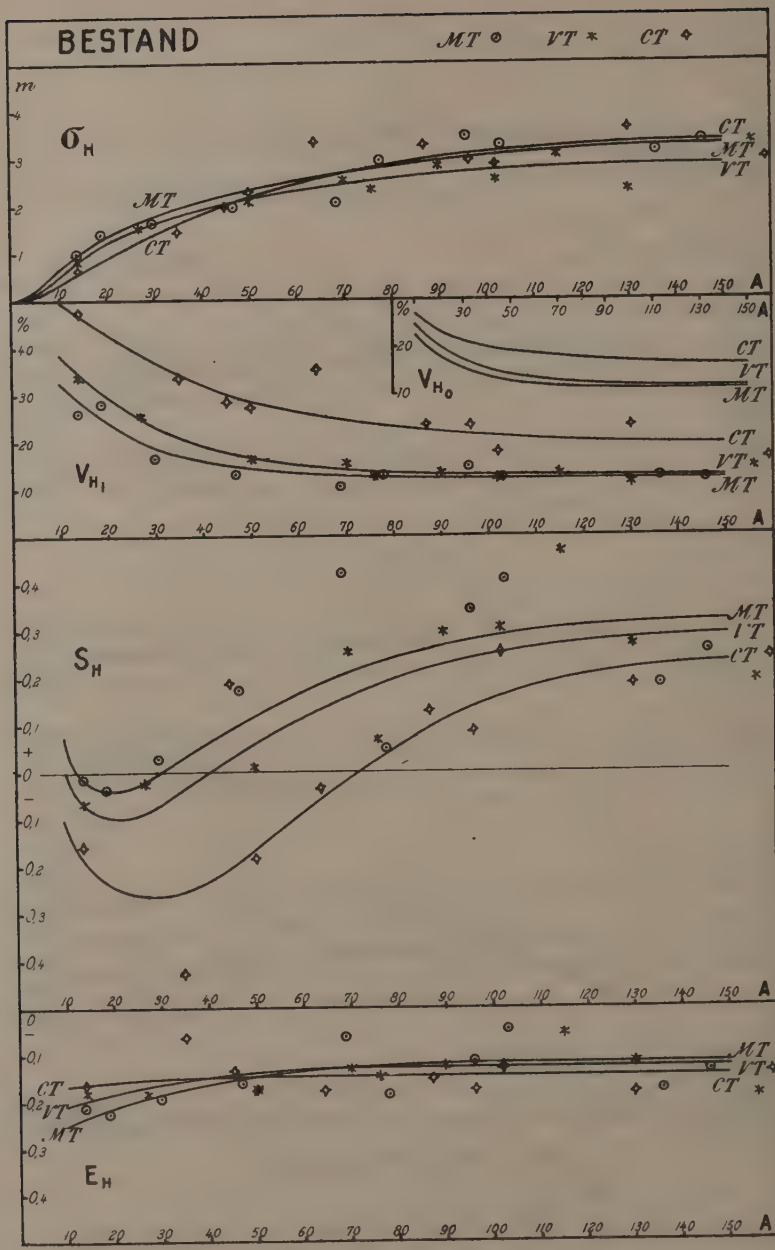


Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

(S. 170 ff.)

Krone Kr

(Lebend)

Fig. 20—26

(Vgl. S. 191—203)

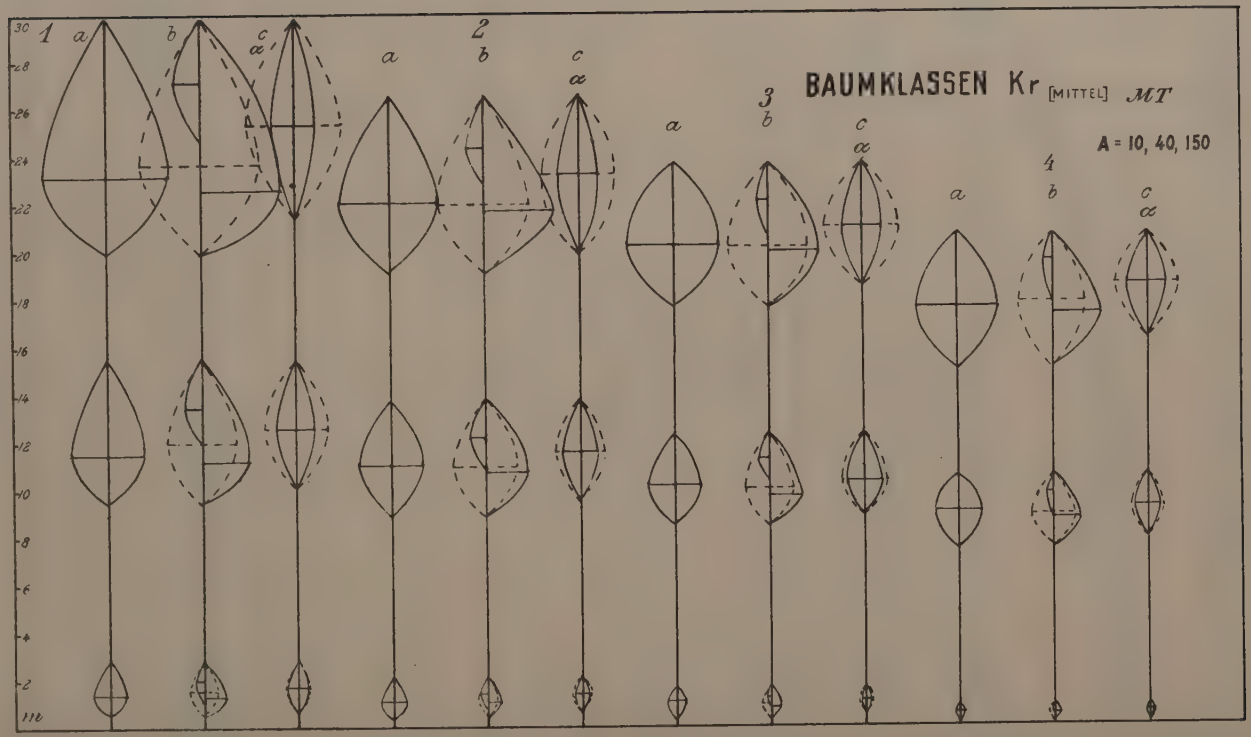


Fig. 20 (S. 191 ff.)

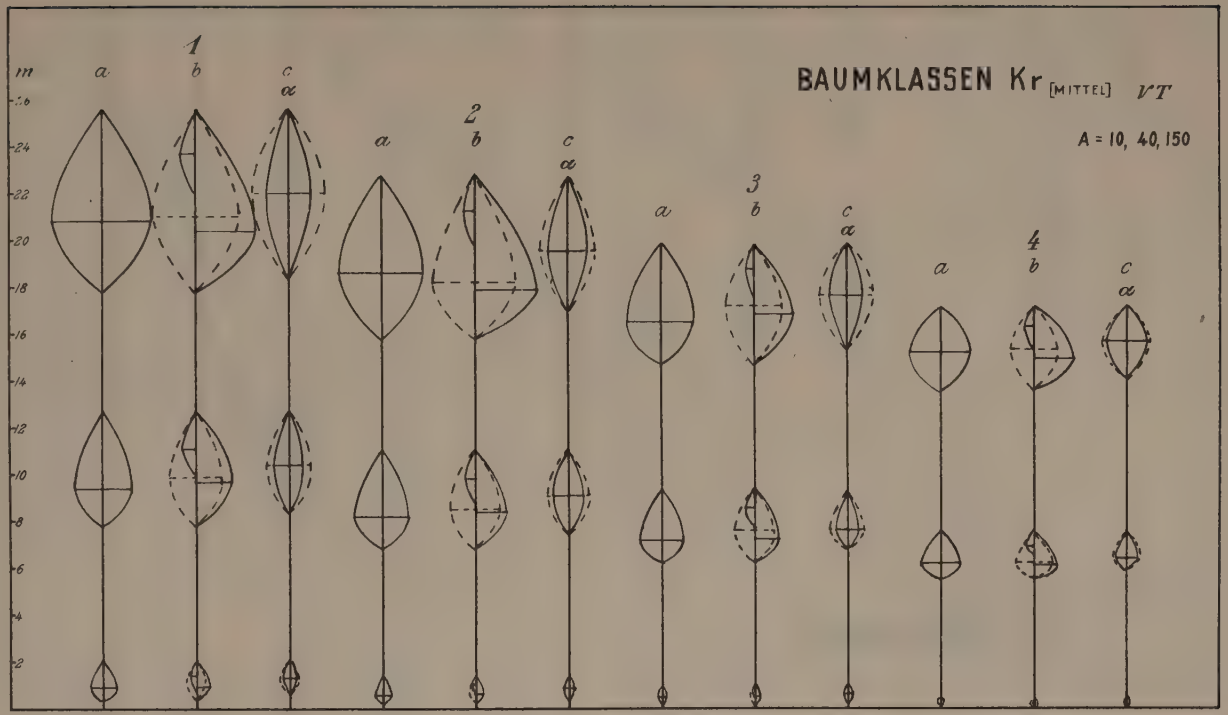


Fig. 21 (S. 191 ff.)

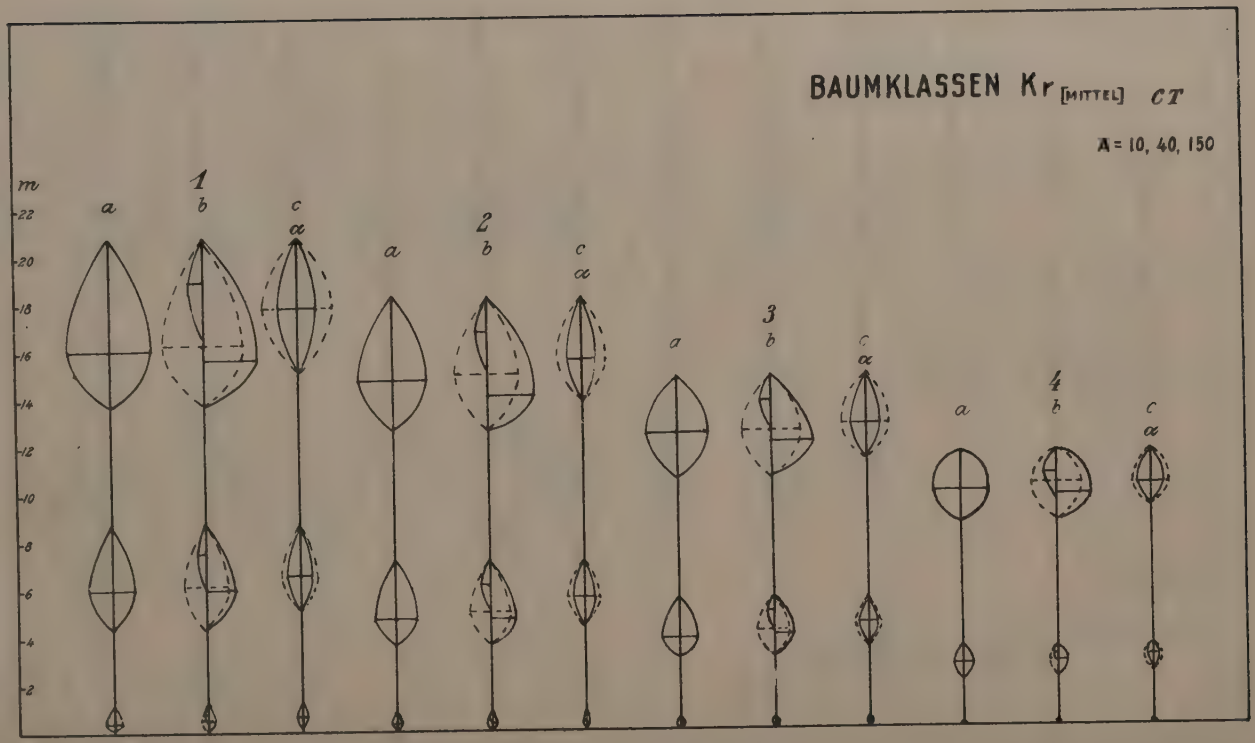


Fig. 22 (S. 191 ff.)

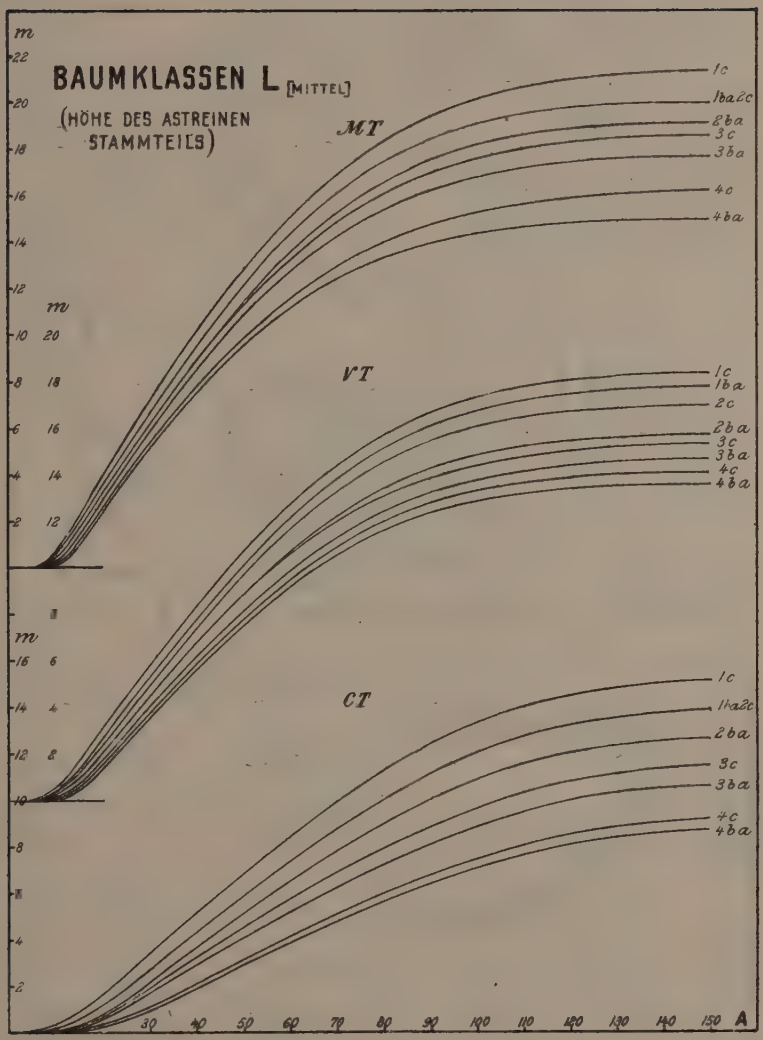
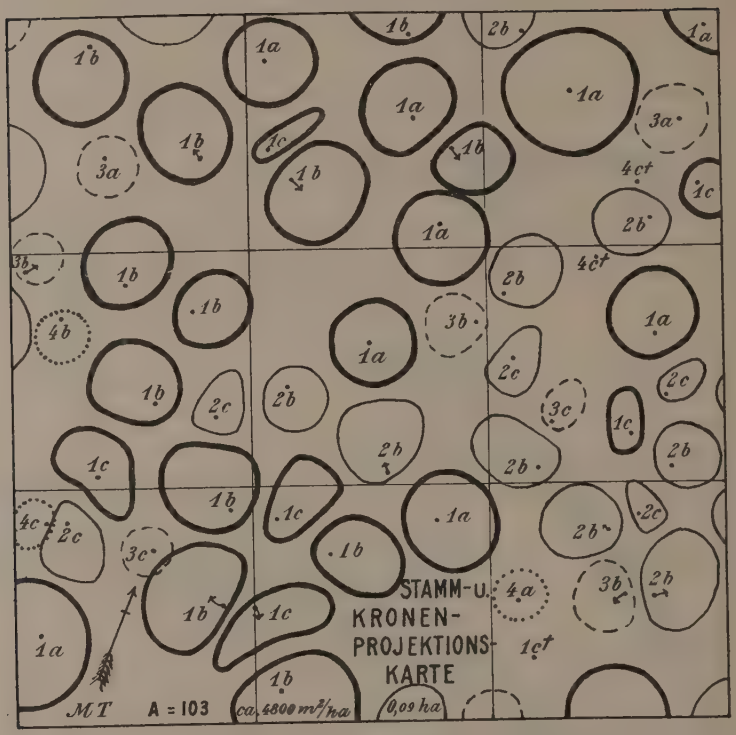


Fig. 23 (S. 193 ff.)

Fig. 24 (S. 197 ff.)



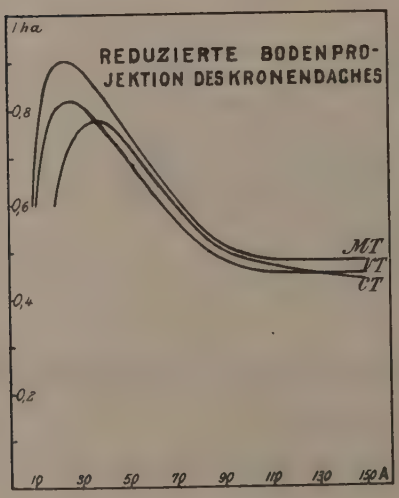


Fig. 25 (S. 197 ff.)

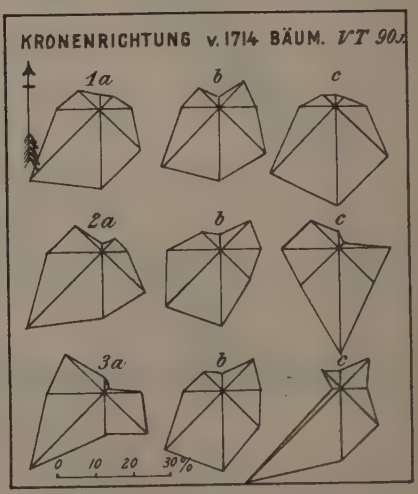


Fig. 26 (S. 202—203)

Brusthöhendurchmesser D

(Einschl. Rinde)

Fig. 27—43

(Vgl. S. 203—225)

Fig. 27 (S. 204 ff., 207 ff.)

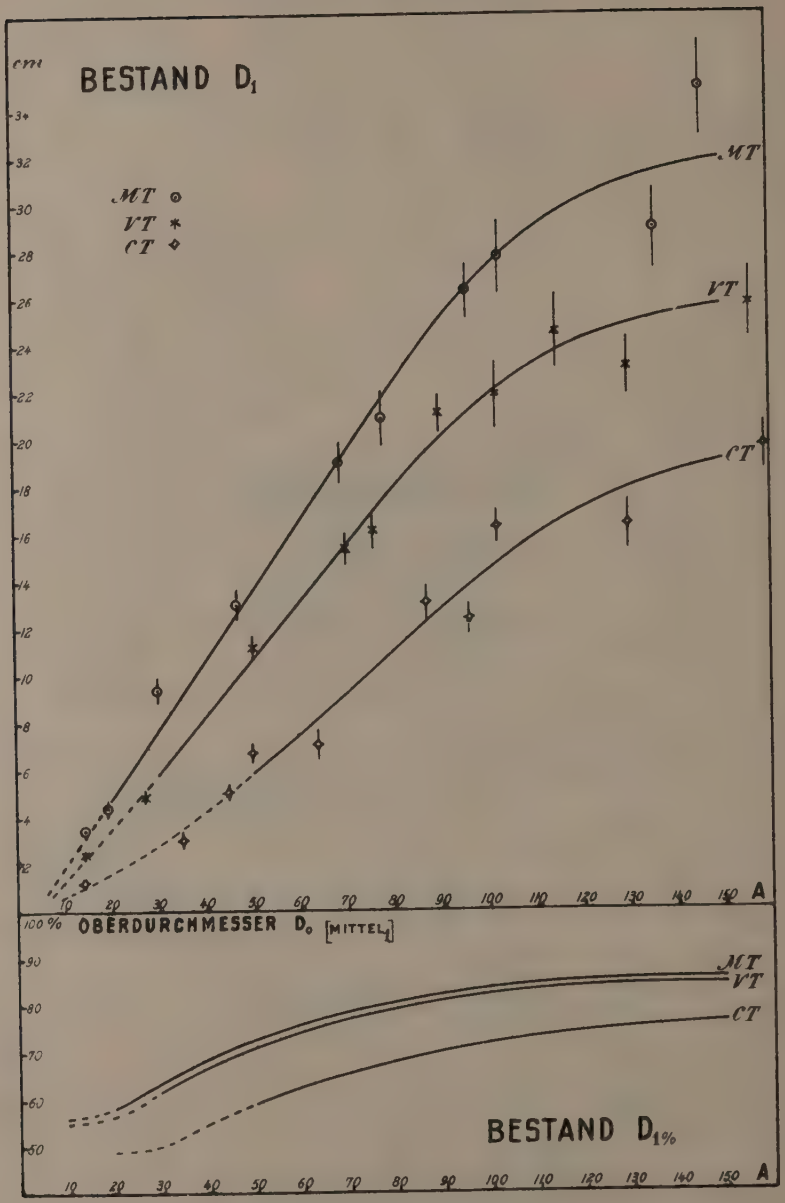


Fig. 28 (S. 210—211)

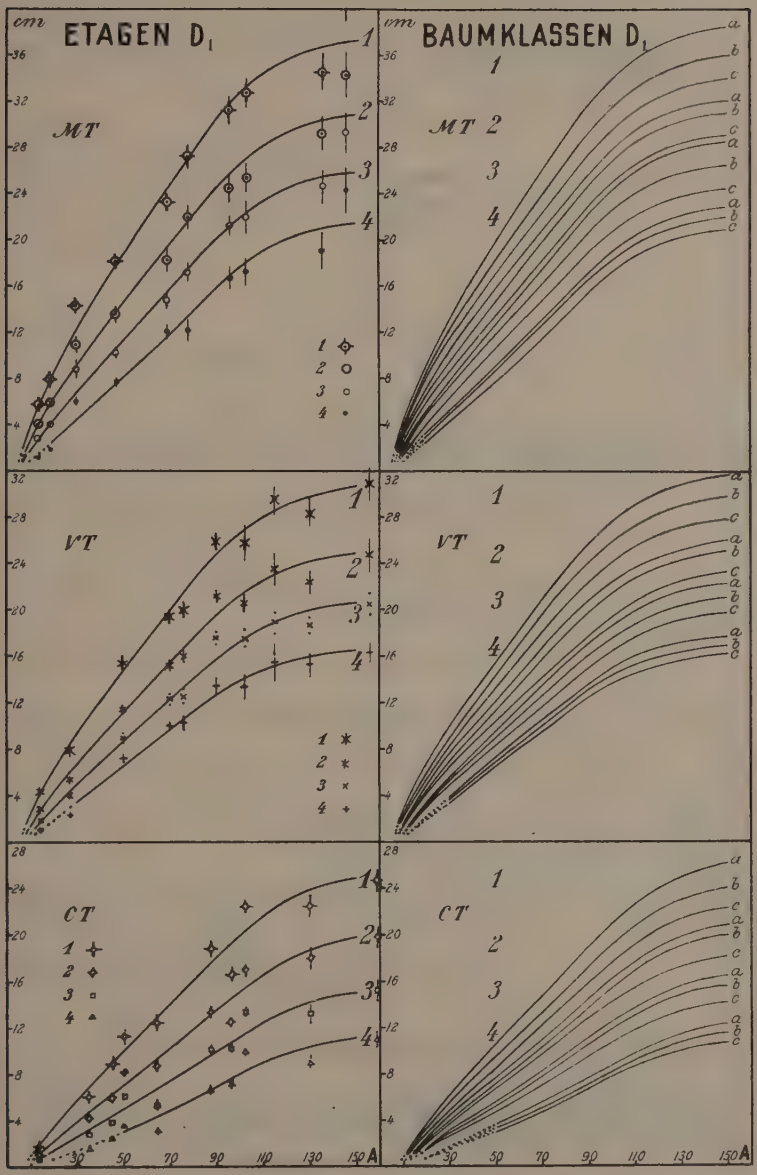


Fig. 29 (S. 207 ff.) Fig. 30

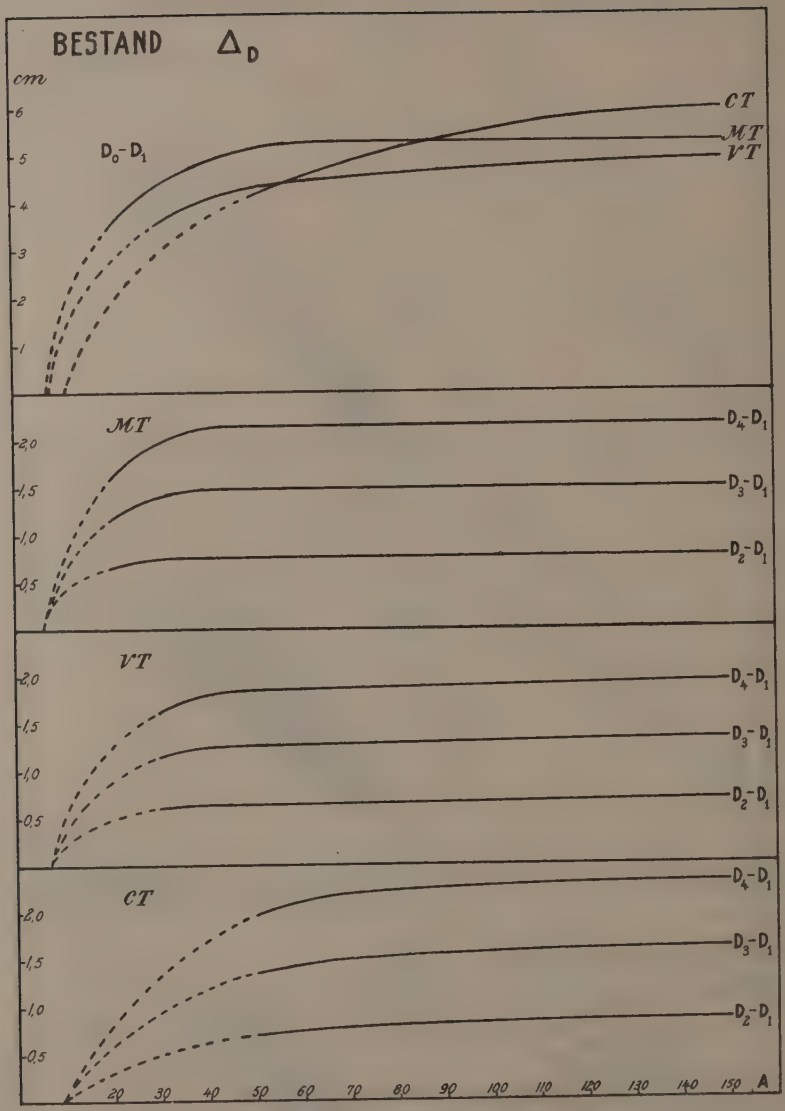


Fig. 31 (S. 210—213)

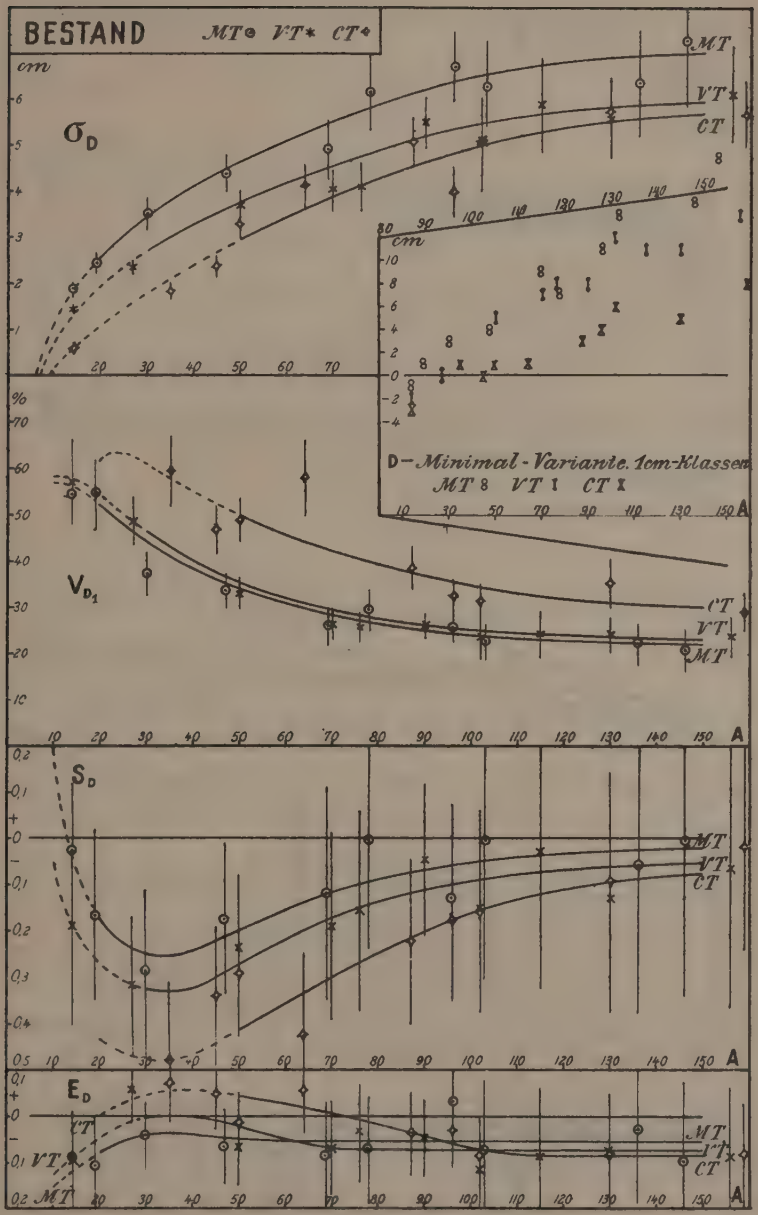


Fig. 32

Fig. 33

(S. {180, 204 ff., 224})

Fig. 34

Fig. 35

Fig. 36

S. (213 ff.)

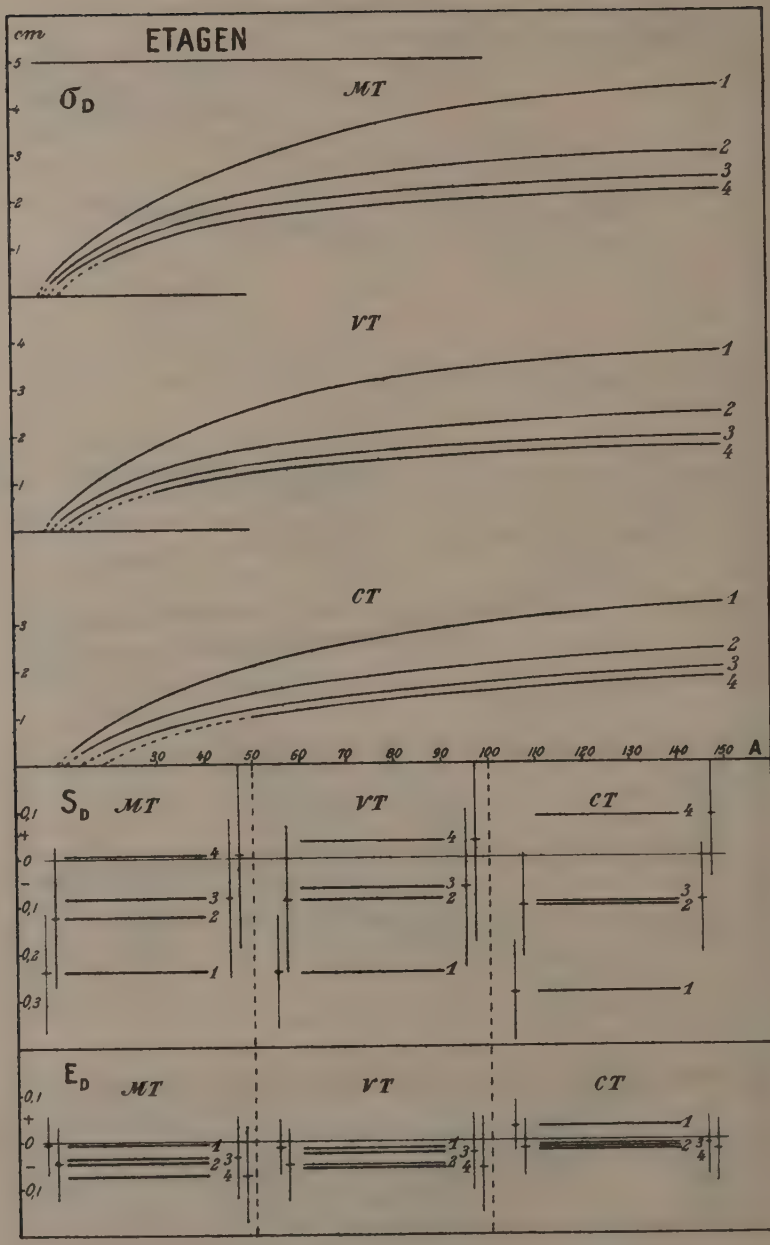


Fig. 37

Fig. 38

Fig. 39

(S. 213 ff.)

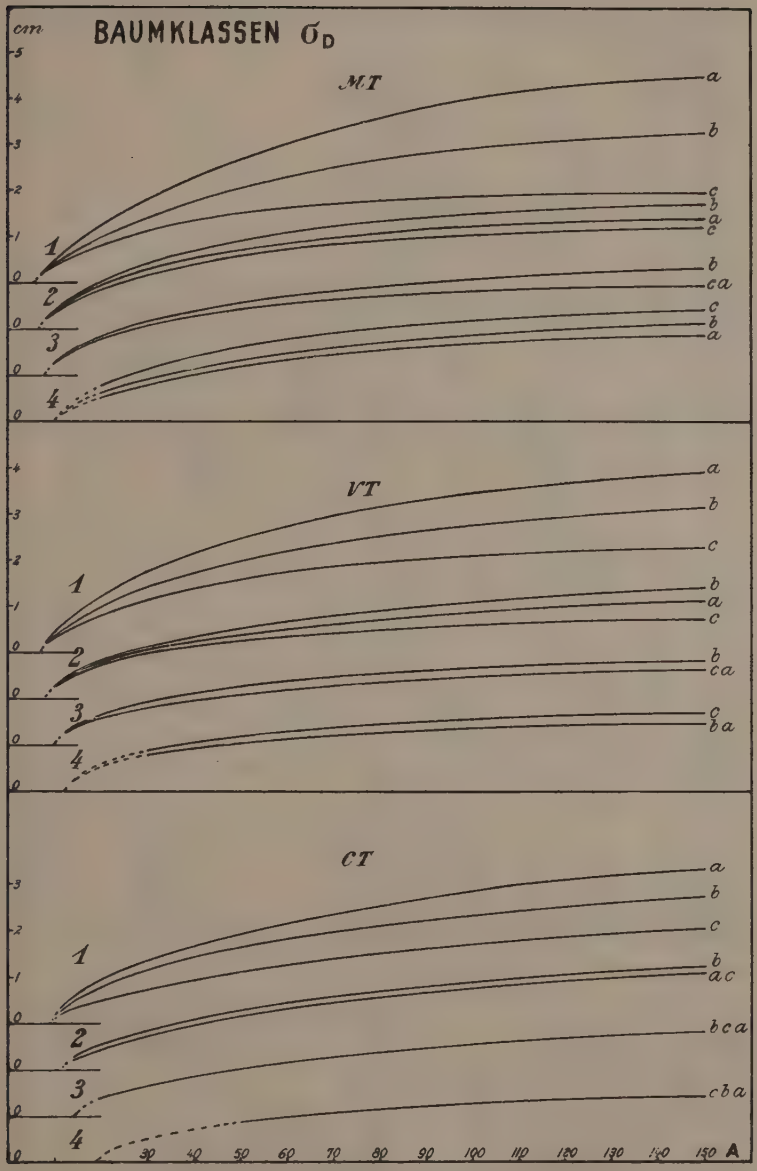


Fig. 40 (S. 213 ff.)

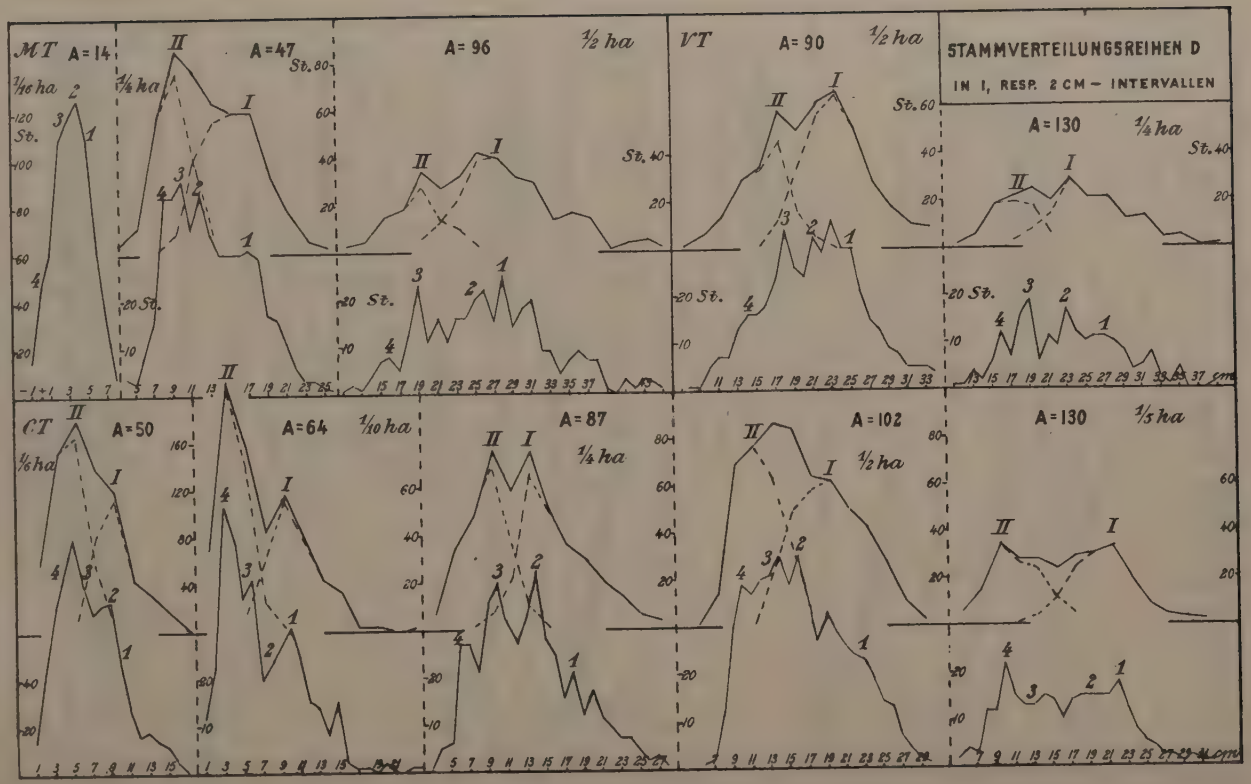


Fig. 41 (S. 219 ff.)

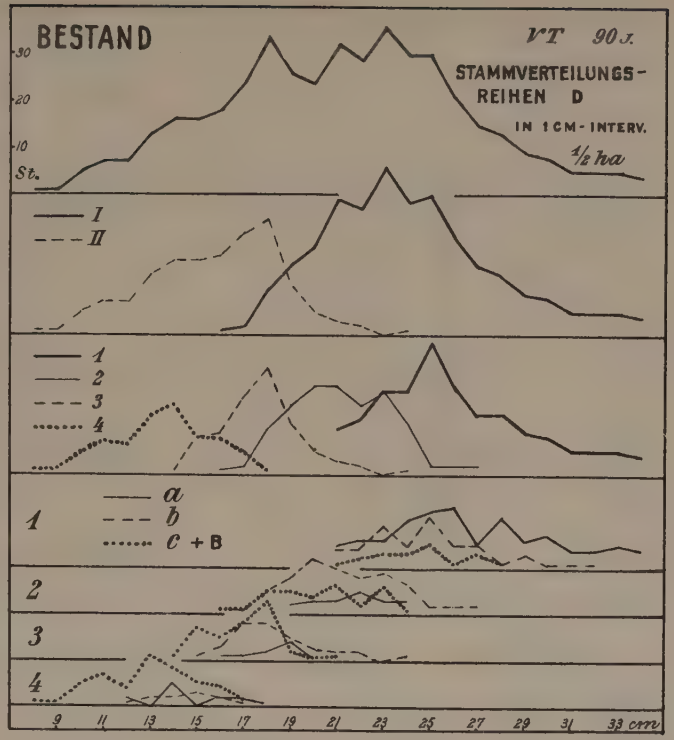


Fig. 42 (S. 219 ff.)

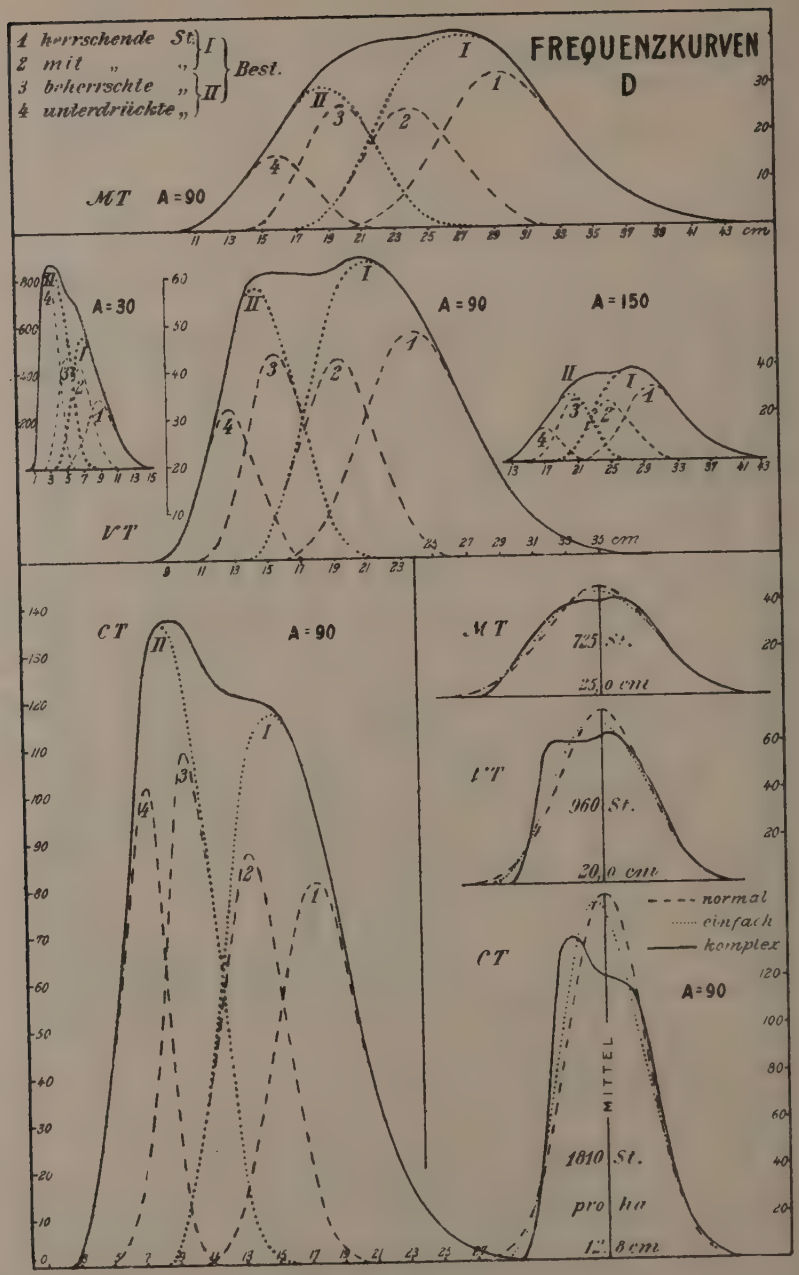


Fig. 43 (S. 222 ff.)

Grundfläche { g Mittlere Grundfläche
G Gesamtgrundfläche

(Einschl. Rinde)

Fig. 44—48

(Vgl. S. 225—227)

Fig. 44

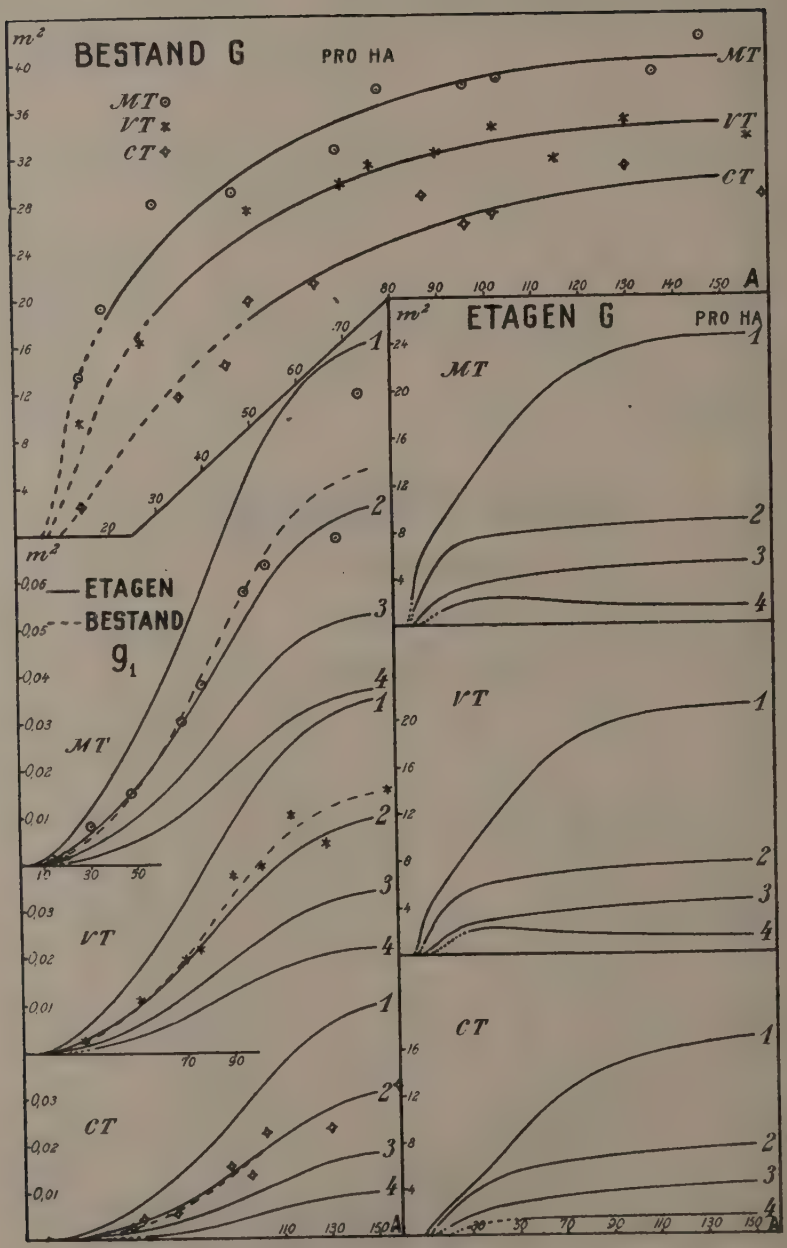


Fig. 45 (S. 225—226) Fig. 46

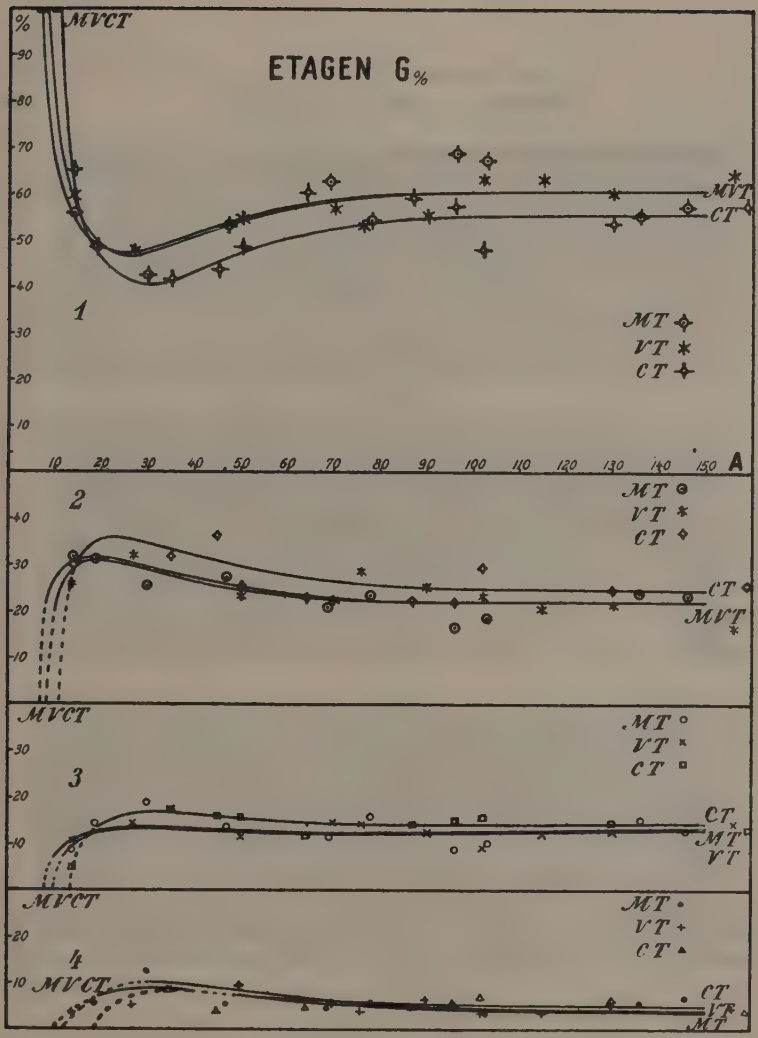

%
MVCT
ETAGEN G%
MVT
CT
1
MT
VT
CT
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 A
2
MT
VT
CT
CT
MVT
MVCT
3
MT
VT
CT
CT
MT
VT
MVCT
4
MT
VT
CT
MVCT
CT
VT
MT

Fig. 47 (S. 226)

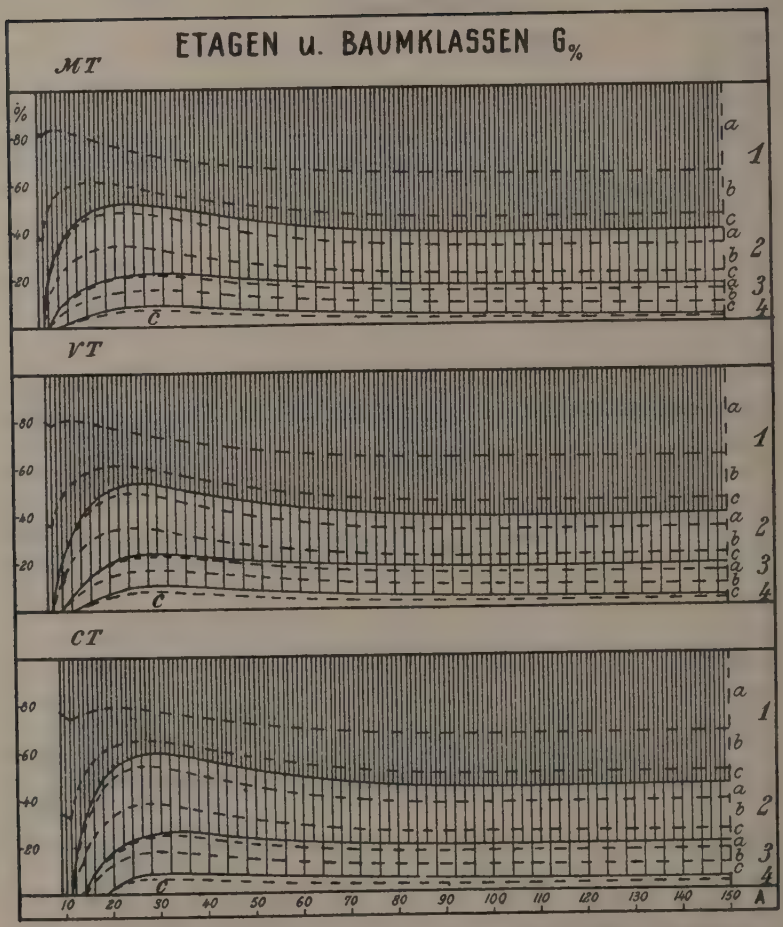

ETAGEN u. BAUMKLASSEN G%
MT
VT
CT
%
80
60
40
20
a
b
c
1
2
3
4
C
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
A

Fig. 48 (S. 226)

Volumen { v Mittleres Volumen
V Gesamtvolumen

(Stammholz ohne Rinde vom Bodenpunkt)

Fig. 49—60

(Vgl. S. 227—240)

$2\,R_{\%}$ = Brusthöhenrindenprozent von D

$F_{1,3}$ = Brusthöhenformzahl (Stamm ohne Rinde)

FH = Formhöhe

Fig. 50 Fig. 51 Fig. 50 Fig. 51

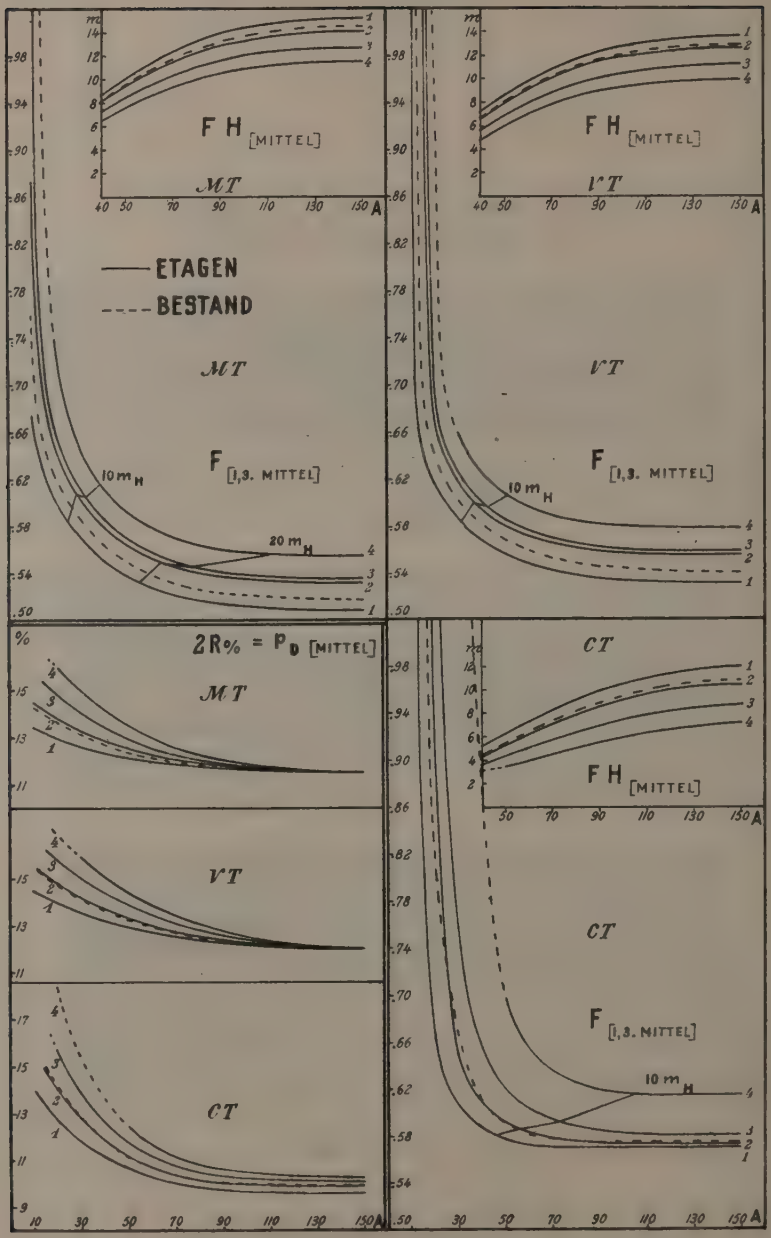


Fig. 51

Fig. 50

Fig. 51

Fig. 50

Fig. 49 (S. 229 ff.) Fig. 50 (S. 233 ff.)

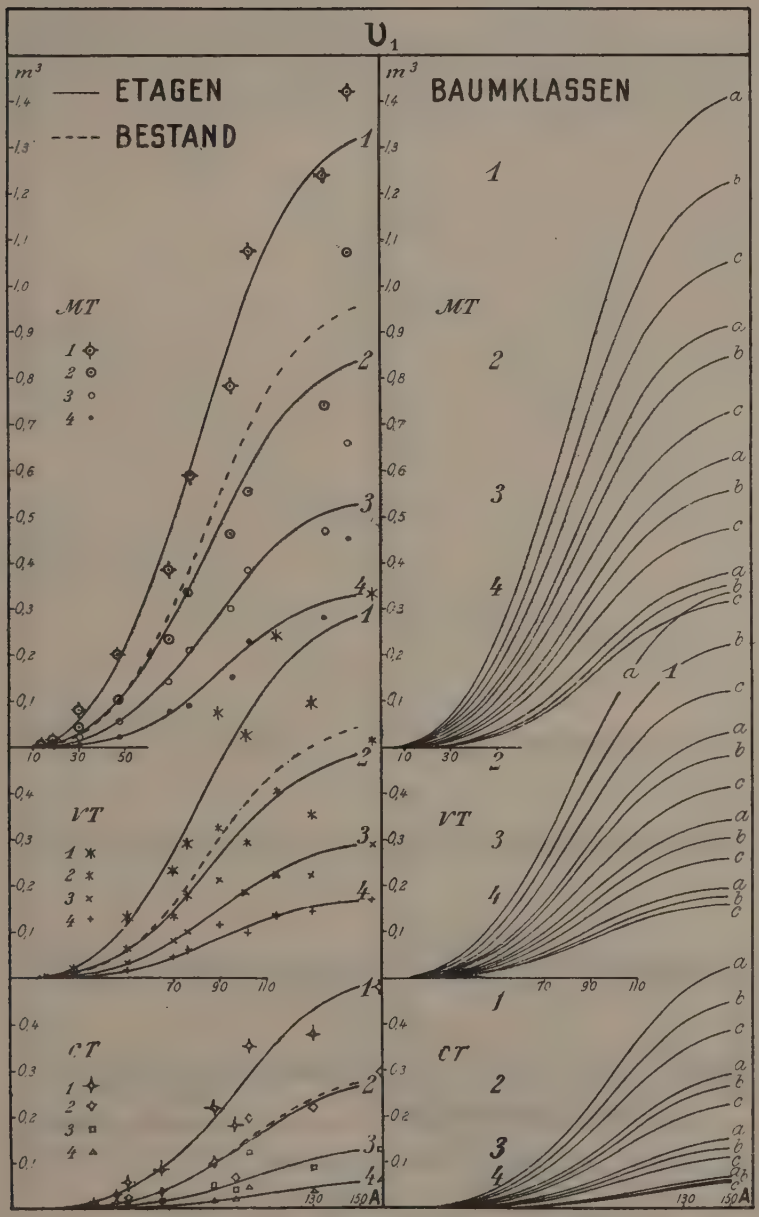


Fig. 52 (S. 238—240) Fig. 53

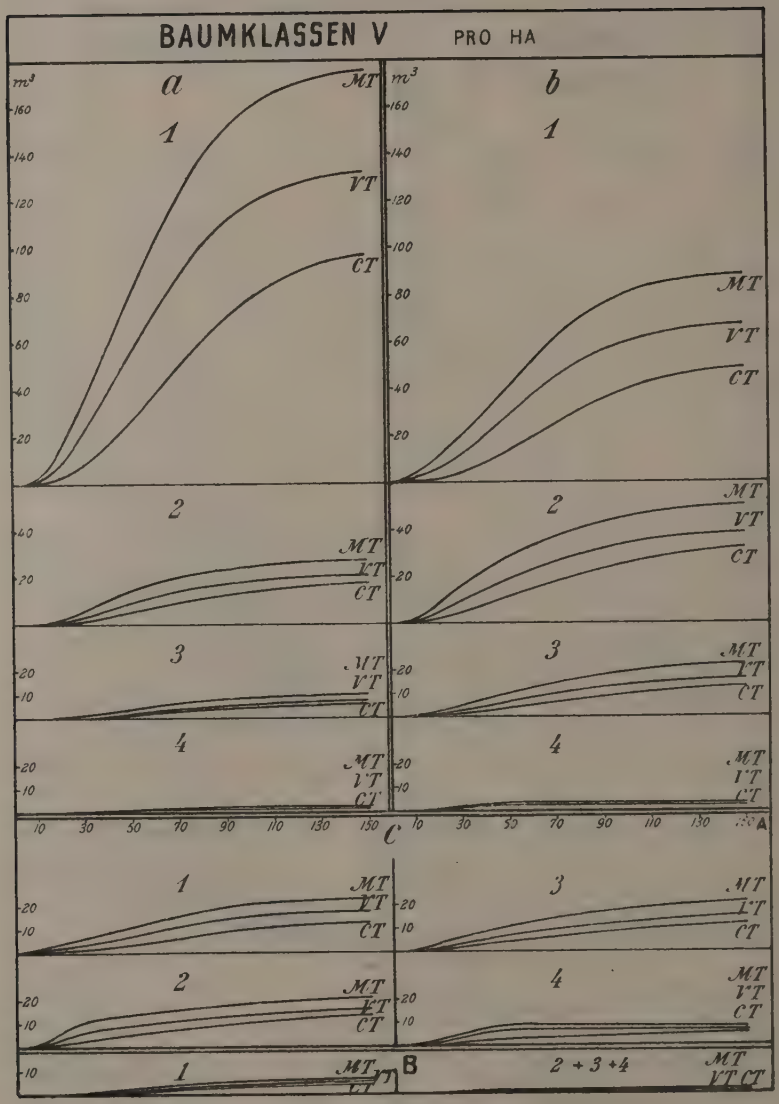


Fig. 54 (S. 239—240)

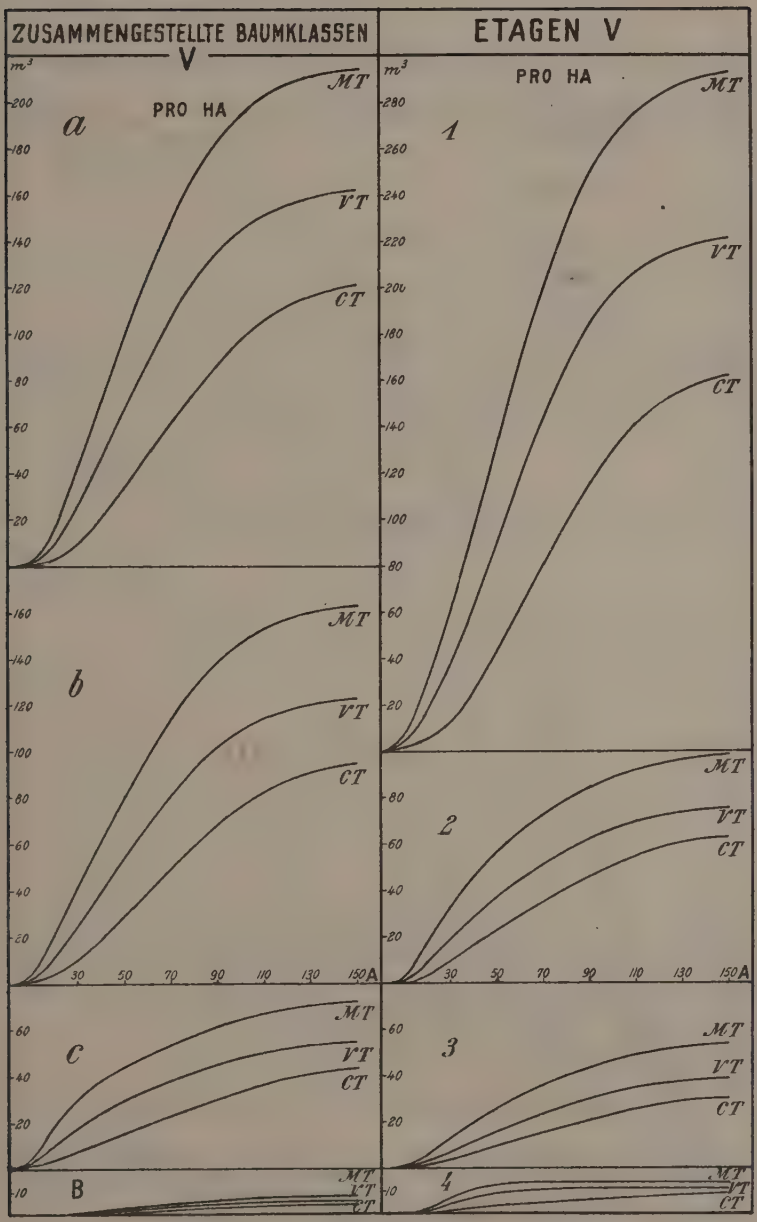


Fig. 55 (S. 239—240) Fig. 56

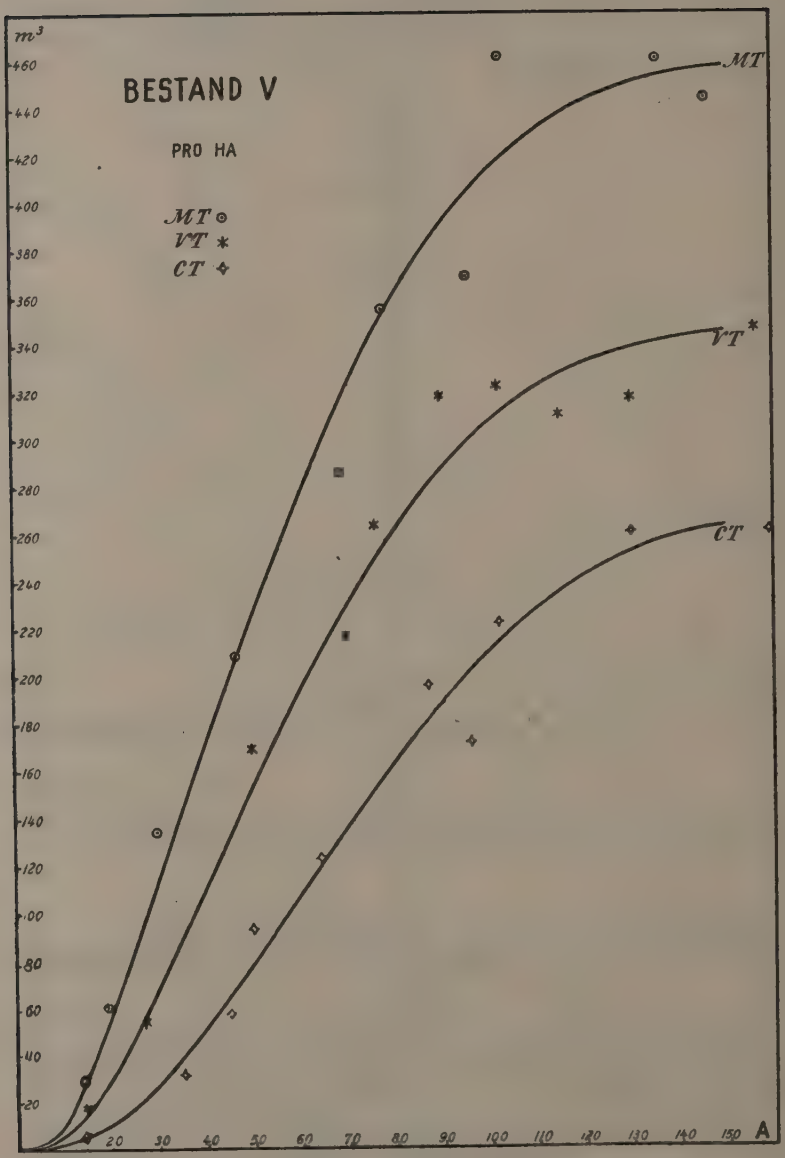
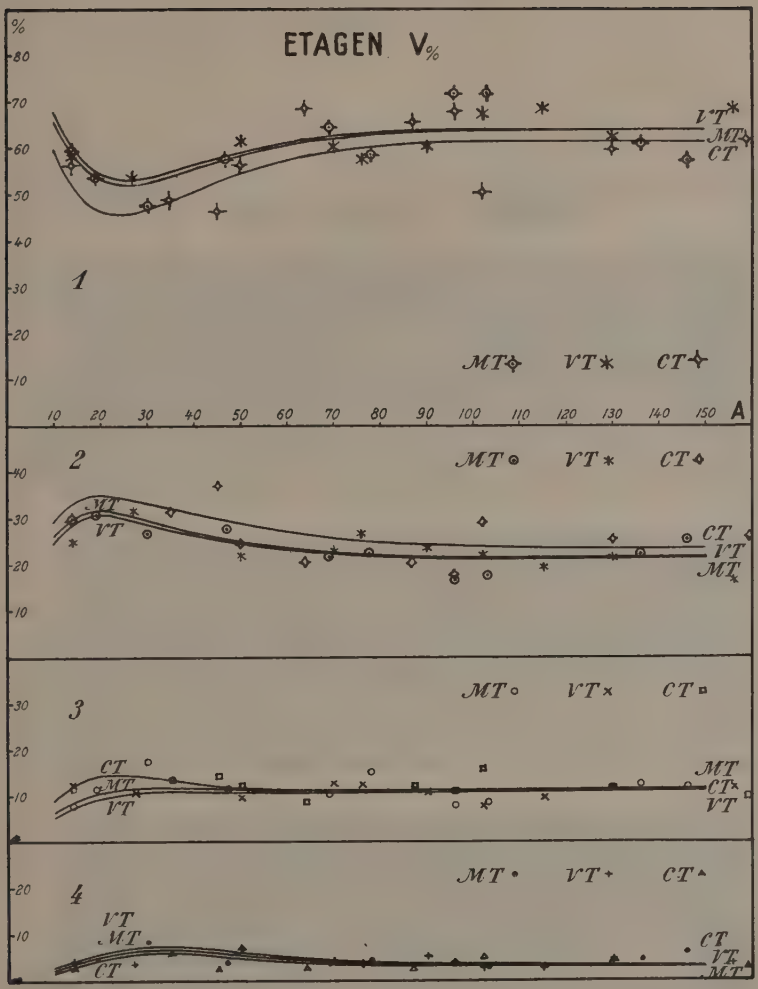


Fig. 57 (S. 239—240)

Fig. 58 (S. 239—240)



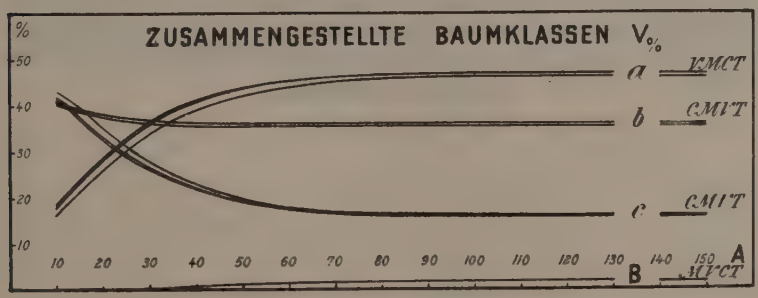


Fig. 59 (S. 239—240)

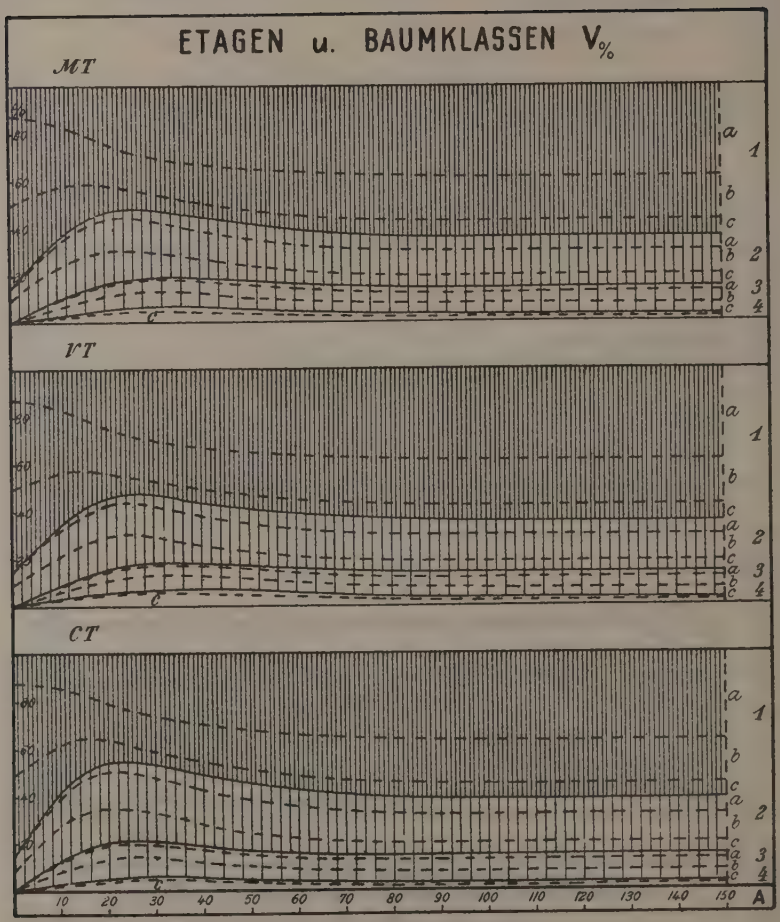


Fig. 60 (S. 239—240)

DER STEREOMETRISCHE BESTANDESMITTELSTAMM

VON

ERIK LÖNNROTH

HELSINKI 1926

HELSINKI 1926, SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINON OY.

Die Tatsache, dass das Mittelwertcharakteristikum im allgemeinen als eines von den Hauptmerkmalen der verschiedenen Charakteristika einer statistischen Reihe anzusehen ist, mag schon an sich dazu beigetragen haben, dass dem Problem des stereometrischen Bestandesmittelstammes eine recht grosse Aufmerksamkeit in der forstmathematischen Literatur geschenkt worden ist. Dass dennoch aller Wahrscheinlichkeit nach das von dieser allgemeinen Bedeutung des Mittelwertcharakteristikums herrührende spezielle spekulative Interesse, dieses Bestandescharakteristikum in der praktischen Forstabschätzung möglichst ausgiebig ausnützen zu können, tatsächlich der bedeutungsvollste Faktor bei dieser Aufmerksamkeit gewesen ist, ist auf Grund mehrerer Umstände zu vermuten.

Ohne dass auf den letzterwähnten Gesichtspunkt als Hauptziel einer diesbezüglichen Untersuchung eingegangen wird, stellt der stereometrische Bestandesmittelstamm doch schon an und für sich ein mit speziellen biologischen Momenten verknüpftes interessantes mathematisch-statistisches Problem dar. Eine weitere prinzipielle Bedeutung gewinnt das Thema dadurch, dass es bei der Anwendung der üblichen statistischen Mittel zur Berechnung der Mittelwerte der taxatorisch bedeutsamen primären Stammcharakteristika — z. B. gerade zum Zweck der erwähnten praktischen Ausnutzung des Mittelstammes — von grundsätzlichem Gewicht ist zu erfahren, wie sich diese verschiedenen Charakteristikummittelwerte bei einer einheitlichen und durchgehenden Bestandesgesamtcharakterisierung zueinander verhalten. —

Das Problem des stereometrischen Bestandesmittelstammes wird in der vorliegenden Studie vom Standpunkt der zwei zuletzt charakterisierten, innig miteinander verbundenen und für die Frage des Bestandesmittelstammes grundlegenden Themen aus aufgefasst. Damit die diesbezüglichen theoretischen Überlegungen zugleich eine konkrete, in biologischer Hinsicht vollgültige Grundlage erhalten, wird die Untersuchung in enger Beziehung zu einem in der Sache als repräsentativ anzusehenden Bestandesmaterial ausgeführt. Erst auch hierdurch wird

die Untersuchung entscheidend und werden die gewonnenen Ergebnisse bedeutungsvoll.

Unter dem stereometrischen Bestandesmittelstamm wird hier ein Bestandesgesamtcharakteristikum verstanden, in bezug auf welches:

1) das mittlere Bestandesvolumen, die mittlere Bestandeskreisfläche bzw. der entsprechend mittlere Bestandesdurchmesser, die mittlere Bestandeshöhe und die entsprechend mittlere Bestandesformzahl in einer zueinander in theoretischer Hinsicht bindend koordinierten Lösung stehen;
2) ein dieser Lösung entsprechendes Gegenstück (ein Stamm) in einem eine wenigstens annähernd normale Individuenvariation zeigenden und mit Rücksicht auf »das Gesetz der grossen Zahlen» hinreichend grossen Musterbestand tatsächlich zu finden ist.[1]

Was besonders das Bestandesmaterial betrifft, das hier zur näheren Erläuterung der behandelten Frage zur Anwendung gekommen ist, ist zu dem fraglichen Grunddurchmesser der Brusthöhendurchmesser (1,3 m über dem Boden) gewählt worden. In Übereinstimmung hiermit wird also die entsprechende Stammkreisfläche als Grundfläche und die Formzahl als Brusthöhenformzahl bezeichnet.

Das hier benutzte Bestandesvergleichsmaterial geht auf eine Untersuchung über die Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände dreier in der Südhälfte Finnlands vorherrschender Waldtypen, nämlich des Myrtillus- (MT), des Vaccinium- (VT) und des Calluna- (CT) Typs, zurück.[2]

---

[1] Zur Definition gehört folglich, dass der Mittelstamm ausschliesslich durch Bestandesmittelwerte und nicht durch irgendwelche nicht als Bestandesmittelwerte zu betrachtenden Zahlenwerte charakterisiert wird. Vgl. z. B. LEVAKOVIĆ (1922, S. 16 Fussnote). Eine mit dieser Definition nicht übereinstimmende Ansicht ist neulich z. B. von NEUBAUER (1925, S. 4 ff.) vorgeführt worden. Siehe auch weiter unten.

A. LEVAKOVIĆ, Die Bestandesmassenaufnahme mittels Probestämmen. Wien und Leipzig.

W. NEUBAUER 1924—1925, Die Bestandesaufnahme nach dem Verfahren des Massenmittelstammes und nach Stammklassen gleicher Masse. Cbl. f. d. ges. Forstwes.

[2] Vgl. E. LÖNNROTH 1925, Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. Acta forest. fenn., 30, N:o 1.

Objekt dieser Untersuchung waren 30 möglichst typenreine und betreffs des Eigenzustands des Gehölzes möglichst unberührte normale, jüngere und ältere Bestände, — je 10 für einen jeden untersuchten Waldtyp. Das studierte Altersintervall reichte von der Entstehung des Bestandes bis zu dessen 150. Lebensjahr.

Die nähere Charakterisierung der Probebestände geschah einerseits nach biologisch signifikanten Merkmalen und andrerseits auf Grund rein mechanischer Stammklassifizierung.

In erstgenannter Hinsicht wurden u.a. vier biologisch definierte und benannte Höhenschichten oder Etagen unterschieden: 1. Etage, herrschende (Ober-) Stämme; 2. Etage, mitherrschende (Vasallen-) Stämme; 3. Etage, beherrschte (Unter-) Stämme; 4. Etage, unterdrückte (Grund-) Stämme.

Die mit bestimmter Genauigkeit vorgenommene Messung der Stammvarianten der jeweils in Betracht kommenden Population setzte ihrerseits eine äquidistante mechanische Klassifizierung des Materials voraus. Diese Messung bzw. Klassifizierung der Stämme zielte auf die nähere mathematisch-statistische Charakterisierung der Etagen und des gesamten Bestandes in betreff der Variation des jeweils zu untersuchenden Charakteristikums ab.

Aus den für die vorliegende Studie prinzipiell wichtigen Ergebnissen der erwähnten Untersuchung sei besonders die ausgezeichnete innere Einheit und Zusammengehörigkeit der verschiedenen Beobachtungswerte eines jeden untersuchten Waldtyps erwähnt, was von einer grossen Homogenität der Waldtypen zeugt, die als Grundlage der Standortsbonitierung verwendet wurden.[1] Da daneben das Bestandesmaterial als für den Untersuchungszweck auch sonst repräsentativ und ausreichend angesehen werden konnte, und da die Ausgleichung der Beobachtungsreihen ihrerseits in voller Reziprozität zwischen den verschiedenen voneinander abhängigen Charakteristika durchgeführt wurde, so können die hier vorgelegten, auf das genannte Material gegründeten ausgeglichenen Wachstumskurven (Fig. 1—12) wohl auch als völlig repräsentativ angesehen werden. Noch vollwertiger aber wird das Material im Hinblick auf die in der vorliegenden Untersuchung durchzuführenden Spezialberechnungen dadurch, dass es drei unter sich ungleichwertige Waldtypen umfasst, die zusammen ein recht weites Intervall des Bodenproduktionsvermögens aufweisen.

[1] Vgl. E. Lönnroth 1926, Die Waldtypen und die innere Bestandesentwicklung. Finnland-Buch der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft.

Wegen der näheren verschiedenartigen Beziehungen hinsichtlich der Aufnahme und der Behandlung des benutzten Probematerials wird auf die ersterwähnte Abhandlung des Verf. verwiesen.[1]

* * *

Der erste Schluss, der in der zu untersuchenden Frage gemacht wird, muss der sein, dass die Aufgabe, schon allein wegen der Tatsache, dass die Zahl der verschiedenen statistischen Mittel nicht begrenzt ist[2], auf verschiedene Weise gelöst werden kann.

Von den leitenden Prinzipien, die bei der in Betracht kommenden allgemeingültigen Lösung befolgt werden könnten[3], sind es vielleicht jedoch nur zwei, denen man grössere Aufmerksamkeit schenken dürfte. Das eine wäre: dasselbe statistische Mittel für alle obigen Mittelstammcharakteristika (Volumen, Grundfläche, Durchmesser, Höhe und Formzahl) zu erhalten, — und das andere: eine Lösung zu finden, die als Gesamtlösung möglichst einfach ist, — wobei beide Lösungen daneben die zwei obenerwähnten Bedingungen erfüllen müssen.

* * *

[1] Hier sei namentlich erwähnt, dass die vorgeführten Mitteldurchmesser- und -grundflächenwerte sich auf den berindeten Stamm beziehen, wogegen das Volumen und demgemäss die Formzahl für den rindenfreien Stamminhalt berechnet sind. Bei den Wägungen der Charakteristikumprimärwerte in den entsprechenden Mittelwertberechnungen ist demnach die Rinde jeweils in hiervon bedingter Weise berücksichtigt worden.

[2] Vgl. z. B. FECHNER (1878, S. 74): »Verstehen wir überhaupt unter einem Mittel aus gegebenen Einzelwerthen einen Werth, der nach einem bestimmten Princip so aus diesen Werthen abgeleitet wird, dass er zwischen dieselben fällt, oder kurz eine Function der Einzelwerthe, welche zwischen die Grenzwerthe fällt, so giebt es natürlich so vielerlei Mittel, als es Principe solcher Bestimmung oder Functionen der Art giebt, was unbestimmt viele sein möchten; — —.«

G. TH. FECHNER, Ueber den Ausgangswerth der kleinsten Abweichungssumme, dessen Bestimmung, Verwendung und Verallgemeinerung. Abhandl. d. Königl. Sächs. Ges. d. Wiss., Bd. XVIII.

[3] Irgendwelche Spezialzwecke des Mittelstammes werden hier nicht näherer Prüfung unterzogen. Ebenso wenig wird programmgemäss auf die jeweils in Betracht kommenden Baumgruppierungen, die auszuführenden Ermittlungen oder Schätzungen, bzw. Ausgleichungen der erhaltenen Beobachtungswerte, sowie die in Vorschlag gebrachten, durch indirekte Verfahren gekennzeichneten Hilfsmethoden zur Bestimmung des fraglichen Mittelstammes oder einiger von dessen Grundcharakteristika eingegangen.

Das erste Prinzip kann exakt durchgeführt werden. Das bezügliche Mittel ist das mit der Stammzahl gewogene geometrische Mittel. Die Allgemeinformel dieses Mittels ist mit den hier verwendeten Bezeichnungen

$$(I) \qquad m_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod x^N},$$

wo x das Mass der jeweils in Frage stehenden Eigenschaft der Variante bzw. der benutzten Grundklasse, N die Frequenz dieser Klasse (ΣN die Gesamtfrequenz der Reihe) und $m_{N_{ge}}$ das auf die erwähnte Weise definierte Mittel bezeichnen.[1]

Der Beweis für das Gesagte ist folgender:[2]

Wird das Volumen eines einzelnen Stammes mit v, die Grundfläche

[1] Damit sich die heranzuziehenden verschiedenen Mittelqualitäten deutlich voneinander abheben, ist es angebracht, bestimmte Zeichen für die Mittel zu verwenden. Da das Mittel im allgemeinen durch drei Hauptfaktoren charakterisiert wird: 1) das Charakteristikum, auf dessen Gebiet der Mittelwert berechnet wird, 2) die Gewichtszahl (bzw. die Gewichtszahlen), mit welcher die Primärwerte gewogen werden, 3) die Qualität des Mittels (statistische Grundqualität, Gradhöhe usw.), so ist das Mittel im allgemeinen auch durch dreierlei Hauptzeichen zu bezeichnen. Je nach der Genauigkeit ferner, mit der die einzelnen Momente verdeutlicht werden sollen, kann die schliessliche Anzahl der Zeichen noch wachsen.

Z. B. in der obenerwähnten Formel beträgt die Zeichenzahl drei: die Bezeichnung des Mittelwerts im allgemeinen (m) (in dieser Allgemeinformel ist also kein spezielles Charakteristikum zum Ausdruck gebracht), die Primärwerte mit der Variantenzahl (Stammzahl) (N) gewogen, geometrisches Mittel (ge).

[2] Die verschiedenen theoretischen Erwägungen bei der Herleitung des stereometrischen Mittelstammes machen natürlicherweise keinen sachlichen Unterschied zwischen einer beliebigen (biologischen, mechanischen, . . .) Baumkategorie (-gruppe, -klasse, -stufe, . . .) innerhalb des Bestandes und dem Bestand in seiner Gesamtheit. Andrerseits ist dabei jedoch zu beachten, dass die Variantenverteilung einer innerbestandlichen Baumkategorie im allgemeinen ein anderes Bild als die des ganzen Bestandes zeigt. Vgl. weiter unten.

Was ihrerseits die gewöhnliche Bestimmung der Vertreterwerte der primären äquidistanten Aufnahmestufen (Durchmesser etc.) einfach durch Zentrumwerte der Intervalle betrifft, sei hier an die Sheppard'schen diesbezüglichen Korrekturen erinnert.

W. F. Sheppard 1897, On the Calculation of the Average Square, Cube, etc., of a large number of Magnitudes. Journ. of the Roy. Stat. Soc., Vol. LX. — Ders. 1898, On the Calculation of the most Probable Values of Frequency-Constants, for Data arranged according to Equidistant Divisions of a Scale. Proceed. of the London Mathem. Soc., Vol. XXIX.

mit g, die Höhe mit h und die entsprechende Formzahl mit f bezeichnet, so ist ja der Formzahldefinition gemäss

$$v = ghf. \tag{1}$$

Lässt man diese Bezeichnungen weiter für die Vertreterstämme der benutzten Grundklassen einer Stammpopulation (z. B. Bestand) ganz allgemein gelten, und fügt man noch für den entsprechenden Durchmesser die Bezeichnung d hinzu, so sind die fraglichen geometrischen Mittelwerte der in Rede stehenden Charakteristikumreihen der Stammpopulation

$$v_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod v^N}, \tag{2}$$

$$g_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod g^N}, \tag{3}$$

$$d_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod d^N}, \tag{4}$$

$$h_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod h^N}, \tag{5}$$

$$f_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod f^N}. \tag{6}$$

Werden bei dem Bestreben, einen gemeinsamen Mittelstamm der verschiedenen Charakteristikumreihen der Stammpopulation zu erhalten, die Gleichungen (3), (5) und (6) der Formel (1) gemäss miteinander multipliziert, so ergibt sich die Gleichung

$$g_{N_{ge}} h_{N_{ge}} f_{N_{ge}} = \sqrt[\Sigma N]{\prod (ghf)^N}, \tag{7}$$

die, wie ersichtlich, mit der Gleichung (2) identisch ist und somit zu der wichtigen Mittelformel der Stammpopulation

$$v_{N_{ge}} = g_{N_{ge}} h_{N_{ge}} f_{N_{ge}} \tag{8}$$

führt.

Was weiter das Verhältnis zwischen der Grundfläche und dem Durchmesser betrifft, so hat man nach der Formel (4)

(9 a) $$\frac{\pi}{4} d^2_{N_{ge}} = \frac{\pi}{4} \left(\sqrt[\Sigma N]{\prod d^N} \right)^2,$$

(9 b) $$= \sqrt[\Sigma N]{\prod \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)^N},$$

welche Formel ihrerseits mit der Gleichung (3) identisch ist und mithin zur zweiten diesbezüglichen wichtigen Mittelformel

(10) $$g_{N_{ge}} = \frac{\pi}{4} d^2_{N_{ge}}$$

führt.

Der stereometrische Bestandesmittelstamm kann folglich exakt mit einem einzigen statistischen Mittel, bei dem noch die Gewichtszahl durchgehends dieselbe ist, realisiert werden. —

Abgesehen von den jüngeren Beständen, in welchen die verhältnismässig sehr kleinen Stammvarianten den geometrischen Bestandesmittelstamm kräftiger herunterdrücken, ist dieser Mittelstamm, allgemein betrachtet und im Hinblick auf den recht regelmässigen Verlauf, den der Baumbestand normalerweise zeigt, zu den »typischen» Stammvarianten des Bestandes zu rechnen.

Um dies näher zu demonstrieren, sind die fraglichen Charakteristikummittelwerte in Verbindung mit dem untersuchten Bestandesmaterial berechnet und in den der vorliegenden Studie beigefügten graphischen Tafeln veranschaulicht worden.

Einerseits sind in Fig. 1, 3, 5, 7, 8 und 10 die bezüglichen mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Mittelwerte m_{N_1} (vgl. weiter unten) der vier Etagen und des Bestandes dargestellt[1], und andrerseits sind die entsprechenden geometrischen Bestandesmittelwerte $m_{N_{ge}}$ durch die Bestandesmittelwertdifferenzen $m_{N_{ge}} - m_{N_1}$, mit m_{N_1} als Grundlage, in Fig. 2, 4, 6, 7, 9 und 11 zur Anschauung gebracht. Da bekanntlich $m_{ge} < m_1$ ist, sind diese Differenzen durch negative Werte zu kennzeichnen.[2]

Der angeführte Satz über eine gute Lage des so berechneten Be-

[1] Über die Berechnung dieser Werte siehe näher E. Lönnroth 1925, l. c.

[2] Wegen der ganz engen Variation der Formzahl in den mittelalten und alten Beständen (vgl. weiter unten) wurden die diesbezüglichen Formzahldifferenzen so klein, dass sie bei dem Massstab der Figur 11 nicht sichtbar werden konnten.

standesmittelstammes in dem innerbestandlichen Variationsgebiet ist — wenigstens in den älteren Beständen —, wie ersichtlich (natürlich sowohl in betreff eines jeden in Rede stehenden Charakteristikums für sich wie der allseitigen Kombination und Vergleichung miteinander), bestätigt. Die oben ausgesprochene biologische Grundbedingung eines annehmbaren Mittels ist somit durch das mit der Stammzahl gewogene geometrische Mittel dementsprechend erfüllt.

Die diesbezügliche Lösung des stereometrischen Mittelstammes muss folglich, von dem jetzt behandelten Standpunkt aus beurteilt, als eine vollkommene Lösung des aufgestellten Problems angesehen werden.

Zu einer einigermassen anderen Auffassung gelangt man jedoch, wenn man mit der Beurteilung erstens die Frage über die Einfachheit bzw. die Bequemlichkeit und zweitens die Frage über die Angemessenheit bei der praktischen Akkommodierung des geometrischen Mittels verknüpft. Tatsächlich ist in diesen Hinsichten nicht zu leugnen, dass einige als ungünstig anzusehende Züge in der angeführten Lösung enthalten sind.

So ist die allgemeine Unbequemlichkeit des geometrischen Mittels speziell im Verhältnis zu dem bequemen arithmetischen Mittel als ein Nachteil zu erachten. Freilich kann man ja auch den hochgradigen geometrischen Mittelwert ohne Logarithmieren auf einem Umweg berechnen, aber eine bedeutendere Erleichterung wird auch dadurch nicht erlangt.[1]

Zweitens kann man ja mit Hilfe des geometrischen Mittelstammes nicht das Gesamtvolumen, bzw. die Gesamtgrundfläche des Bestandes direkt berechnen, was natürlicherweise als ein grundsätzlicher Nach-

[1] Wie MESSEDAGLIA (1880, S. 390 (französisch)) gezeigt hat, ist der geometrische Mittelwert mehrerer Zahlenwerte zugleich der geometrische Mittelwert zwischen dem grösseren arithmetischen und kleineren harmonischen Mittelwert dieser Werte, somit (vgl. auch weiter unten)

(II) $$m_{N_{ge}} = \sqrt{m_{N_1} m_{N_{ha}}}.$$

Durch Berechnung dieser zwei zuletztgenannten Mittelwerte kann der gesuchte geometrische Mittelwert unmittelbar aus deren Produkt mit Hilfe einer gewöhnlichen Wurzeltabelle gewonnen werden.

A. MESSEDAGLIA, Il calcolo dei valori medi e le sue applicazioni statistiche. Arch. di Stat. — Dasselbe französisch: Calcul des valeurs moyennes. Annal. de Démogr. intern.

Vgl. auch Formel (VIII) weiter unten.

teil bei der praktischen Anwendung dieses Mittelstammes gelten muss. Es ist in dieser Hinsicht im Gegenteil gerade zuzugeben, dass sowohl das Volumen wie die Grundfläche des Mittelstammes am natürlichsten so zu berechnen wären, dass der bezügliche Mittelwert mal Stammzahl das Gesamtvolumen bzw. die Gesamtgrundfläche der Reihe ohne weiteres ergeben müsste, — was also nicht auf das mit der Stammzahl gewogene geometrische, sondern auf das entsprechende arithmetische Mittel hinauslaufen würde.

Durch dieses andere Mittel würde auch das oben angeführte zweite leitende Prinzip der Mittelstammlösung — das Prinzip der höchstmöglichen Einfachheit dieser Lösung — jedenfalls in betreff dieser zwei Charakteristika durchgeführt werden. —

In welchen Gesamtkonstellationen der fünf bezüglichen Mittelwerte des stereometrischen Bestandesmittelstammes ein solcher Beginn der Lösung — ein Beginn also, der die Erfüllung des zweiten erwähnten Prinzips bezweckt — führen wird, wird im Folgenden näher untersucht werden.[1]

* * *

Die Formel des mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Volummittels v_{N_1} ist den obigen Bezeichnungen gemäss

[1] Wie z. B. G. Th. Fechner den Vorrang des arithmetischen Mittels unter den verschiedenen statistischen Mitteln überhaupt formuliert, geht aus folgenden Worten hervor (1878, S. 76, l. c.): »Immerhin aber ist bemerkenswerth, wie der arithmetische Mittelwerth ein Verknüpfungsglied für Mittel von so ganz verschiedenem Princip der Bestimmung bildet, als die Potenzmittelwerthe, die mit denselben um den Namen streitenden Mittelwerthe und die Combinationsmittelwerthe sind, so dass man, wenn man sonst keinen besondern Grund haben sollte, das eine Princip dem andern vorzuziehen, auch hierin einen Grund finden könnte, sich an das arithmetische Mittel als das allen gleich genügende zu halten.«

Wegen des Namens Potenzmittel siehe sonst näher E. Lönnroth (1925, S. 100—101 Fussnote, l. c.).

Es sei auch erwähnt, dass zahlreiche Fachmänner für das Mittelstammvolumen eben das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Mittel benutzt oder vorgeschlagen haben. Vgl. z. B. folgende diesbezüglichen Werke und Aufsätze:

T. v. Lorey 1878, Die mittlere Bestandeshöhe. Allg. Forst- u. Jagd-Zeit.

R. Weber 1899, Ueber die mathematischen Beziehungen zwischen dem arithmetischen Mittelstamm und der Bestandesmasse. Allg. Forst- u. Jagd-Zeit.

A. Levaković 1922, l. c. (S. 22.)

U. Müller 1923, Lehrbuch der Holzmesskunde. 3. Aufl. Berlin. (S. 304.)

W. Tischendorf 1925 a, Die Genauigkeit von Messungsmethoden und Messungsergebnissen bei Holzmassenermittlungen. Forstwiss. Cbl. (S. 614.) — Ders. 1925 b, Mittelstammdimensionen. Ibid. (S. 787.) — Ders. 1926, Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Holzmassenermittlung. Forstarchiv. (S. 55.)

(11 a) $$v_{N_1} = \frac{\Sigma vN}{\Sigma N}.$$

Bezeichnet man das vielfache Volumen der angewandten Grundklasse mit V, so lässt sich die Formel (11 a) in folgender Form schreiben:

(11 b) $$v_{N_1} = \frac{\Sigma V}{\Sigma N}.$$

Benutzt man drittens die obengenannten drei Grundcharakteristika des Einzelvolumens: die Grundfläche g, die Höhe h und die entsprechende Formzahl f, so geht die Formel (11 a) noch in die bekannte Form

(11 c) $$v_{N_1} = \frac{\Sigma ghfN}{\Sigma N}.$$

über. — Bezeichnet man schliesslich die entsprechenden und bis auf weiteres noch unbekannten Grundcharakteristika des Bestandesmittelstammes mit g_m, h_m und f_m, so kann man analog noch die Formel (vgl. Gleichung (1))

(12) $$v_{N_1} = g_m h_m f_m$$

aufstellen. Dass jedoch das in betreff der Komponentenmittel nicht näher definierte rechte Glied dieser Formel keineswegs gerade die Anwendung des Mittels v_{N_1} als linken Gliedes der Gleichung voraussetzt, ist ohne weiteres klar. In diesem Abschnitt der vorliegenden Studie wird das Produkt $g_m h_m f_m$ jedoch lediglich in der von der Gleichung (12) gemeinten Weise angewandt.

Aus den Gleichungen (11 b) und (12) ergibt sich die Formel

(13) $$g_m h_m f_m \Sigma N = \Sigma V.$$

Werden ΣV und ΣN anfangs als bekannt angenommen, so enthält die Gleichung (13) drei Unbekannte. Theoretisch können zwei von ihnen beliebig bestimmt werden, wonach die dritte durch die Gleichung bestimmt wird.

Damit jedoch eine gewählte Lösung gültig sei, muss die Bedingung erfüllt werden, dass die Werte der als unbekannt betrachteten Charakteristika in bezug aufeinander biologisch möglich sind. Praktisch betrifft dies besonders die Formzahl, denn ihre Variationsamplitude ist (wenn es sich nicht um recht junge Bestände handelt) bekanntlich im Vergleich zu den übrigen in Frage stehenden Charakteristika ziemlich unbedeutend.[1]

[1] Wie aus Fig. 7 ersichtlich, tangieren die Durchmesserspielräume der Ober- und Grundetagen einander. Die Kombination: Durchmesser — — Höhe ist also wenigstens

Wie diese dreifache Charakteristikumlösung sachlich vorgenommen werden kann, haben schon v. Lorey (1878) und Schiffel (1900) gezeigt.[1]

Hinsichtlich der Grundfläche des Mittelstammes verbleibt man also bei dieser Lösung auf demselben Boden wie hinsichtlich des Volumens, d. h. die Grundfläche wird ebenso durch das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Mittel (g_{N_1}), somit durch folgende Formeln gefunden:

(14 a) $$g_{N_1} = \frac{\Sigma g N}{\Sigma N},$$

oder

(14 b) $$g_{N_1} = \frac{\Sigma G}{\Sigma N},$$

wo G die vielfache Grundfläche der angewandten Grundklasse bezeichnet.

Diese Lösung bestimmt somit gleichzeitig als Durchmesser des Bestandesmittelstammes das mit der Stammzahl gewogene quadratische Potenzmittel

(15 a) $$d_{N_{pot}} = 2\sqrt{\frac{g_{N_1}}{\pi}},$$

(15 b) $$= \sqrt{\frac{\Sigma d^2 N}{\Sigma N}},$$

im normalen Naturbestand sehr reich an Varianten, indem sie die Lösung g_m — — h_m, speziell in dem Optimumgebiet der Variation, durch verhältnismässig weitreichende Kombinationen ermöglicht (d. h. einem bestimmten Durchmesser entspricht eine recht bedeutende Höhenvariation und umgekehrt). Vgl. z. B. Flury (1898, S. 196 ff.). Betrachtet man zweitens die relativen Beziehungen zwischen den ausgeglichenen Mittelwerten der Grund- und der Oberschicht, so erhellt aus Fig. 5, 8 und 10, dass der mittlere Durchmesser der Grundbäume nirgends über 60 % vom entsprechenden Durchmesser der Oberbäume steigt und dass die mittlere Grundhöhe überall unter 70 % von der mittleren Oberhöhe liegt, — wogegen die mittlere Formzahl der Oberbäume in höherem Alter über 90 % von der entsprechenden Formzahl der Grundbäume ist (wie bekannt, steigt die Formzahl von der Oberetage nach den unteren Etagen zu). — Vgl. ebenso z. B. Weise (1880, S. 11).

Ph. Flury, Ergebnisse aus Kahlschlägen. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes., Bd. VI.

W. Weise, Ertragstafeln für die Kiefer. Berlin.

[1] T. v. Lorey, l. c.

A. Schiffel, Ueber Bestandeshöhen und Bestandesformzahlen. Cbl. f. d. ges. Forstwes.

(15 c) $$= \sqrt{d_{N_1}^2 + \sigma_d^2},$$

wo σ_d die Dispersion der Durchmesservariation vertritt.[1] —

Die Gleichung (14 b) kann auch geschrieben werden

(16) $$g_{N_1} \Sigma N = \Sigma G.$$

Wird statt g_m in Formel (13) g_{N_1} eingesetzt und noch eine Substitution gemäss Gleichung (16) vorgenommen, so erhält man nach Entwicklung die entsprechende Formel für die mittlere Bestandesformhöhe $f_m h_m$

(17) $$f_m h_m = \frac{\Sigma V}{\Sigma G}.$$

Die mittlere Höhe des Bestandes bestimmt v. LOREY danach im Prinzip folgendermassen:

Gleichung (17) kann geschrieben werden in der Form

(18) $$h_m f_m \Sigma G = \Sigma V.$$

Setzt man anstelle des Produktes $f_m \Sigma G$ die Produktensumme $\Sigma f G$ ein, was bedeutet, dass die vielfachen Grundflächen der verschiedenen Baumkategorien mit den ihnen entsprechenden und sie vertretenden Formzahlen primär multipliziert werden, statt dass in der Gleichung (18) die Gesamtgrundfläche des Bestandes mit der bis auf weiteres unbekannten mittleren Bestandesformzahl multipliziert wurde, so erhält Gleichung (18) die Form

---

[1] Bekanntlich ist das Dispersion genannte Streuungsmass der Reihenvariantenverteilung durch die allgemeingültige Formel

(III) $$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - m_1)^2 N}{\Sigma N}}$$

gegeben (vgl. die Bezeichnungen der Formel (I)).

Durch Entwicklung dieser Formel und durch Substitution der Allgemeingleichungen des arithmetischen und des quadratischen Potenzmittels (vgl. E. LÖNNROTH 1925, s. 99—101 nebst Fussnoten, l.c. — und hier s. 29 Fussnote 3) erhält man die Allgemeinformel

(IV) $$m_{pot} = \sqrt{m_1^2 + \sigma^2}.$$ (OPPERMANN.)

A. OPPERMANN 1887, Forelæsninger over Taksations- og Tilvækstlære. (Autogr.) København.

(19) $$h_m \Sigma f G = \Sigma V.$$

Hieraus findet man

(20 a) $$h_m = \frac{\Sigma V}{\Sigma f G},$$

woraus, wenn die verschiedenen Glieder des Nenners mit den vertretenden Höhen h der Baumkategorien erweitert werden, weiterhin folgt, dass als Höhe des schon oben definierten Volum-Grundflächenmittelstammes des Bestandes sich das mit dem vielfachen Volumen gewogene harmonische Mittel ergibt:

(20 b) $$h_{V_{ha}} = \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{h}}.$$ [1] (v. Lorey.)

Durch die Herleitung der Gleichung (19) ist auch das Bestandesformzahlmittel fixiert. Setzt man nämlich in die Gleichung (17) anstelle von h_m dessen Wert aus Formel (20 a) ein, so erhält man, wie Schiffel (1900, S. 292—293) gezeigt hat [2], als Formzahl des Bestandesmittelstammes das mit der vielfachen Grundfläche gewogene arithmetische Mittel

(21) $$f_{G_1} = \frac{\Sigma f G}{\Sigma G}.$$ (Schiffel.)

Die Formel (20 b) und (21) bilden so gemeinsam eine vollgültige Komponentenlösung des Formhöhencharakteristikums auf Grund von Formel (17).

Eine andere Sache ist es, dass diese Lösung keineswegs die einzig mögliche ist. Im Gegenteil: die Lösungen sind theoretisch durchaus nicht begrenzt. Als Beispiel für andere Möglichkeiten sei an erster Stelle ein Verfahren erwähnt, das zu einem entgegengesetzten Formelpaar führt als das obenerwähnte, somit (vgl. die obengenannten Publikationen von Schiffel und v. Lorey):

(22) $$f_{V_{ha}} = \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{f}},$$ (Schiffel.)

(23) $$h_{G_1} = \frac{\Sigma h G}{\Sigma G}.$$ (v. Lorey.)

[1] Von den vielen Formelvarianten des harmonischen Mittels ist hier die vielleicht gewöhnlichste angeführt.

[2] A. Schiffel, l. c.

Auch zur Anführung anderer derartiger Beispiele kann Anlass vorliegen. Demgemäss mögen zunächst der Höhe probeweise z. B. die folgenden Mittel gegeben werden: das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Mittel, ebenso das quadratische Potenzmittel, das mit der vielfachen Grundfläche gewogene harmonische sowie das mit dem vielfachen Volumen gewogene arithmetische Mittel. Diese werden mit Hilfe folgender Formeln bestimmt:[1]

[1] Bei der Ausführung der Mittelwertberechnungen wurden die fraglichen Gewichtszahlen der angewandten primären Baumkategorien in einigen Fällen prozentual aus dem Gesamtbetrag des in Frage stehenden Charakteristikums ausgedrückt. Im Hinblick hierauf vereinfachten sich die Formeln der erwähnten Mittel folgendermassen:

(V) $$m_1 = \frac{\Sigma x P}{100},$$

(VI) $$m_{po_2} = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 P}{100}},$$

(VII) $$m_{ha} = \frac{100}{\Sigma \frac{P}{x}},$$

wo x die fraglichen Vertreterwerte der angewandten Baumkategorien, P die ihnen entsprechenden prozentualen Gewichtszahlen und m den gesuchten Mittelwert darstellen. Wo die der Reihe entsprechende Dispersion σ berechnet wurde, war das quadratische Potenzmittel jedoch am bequemsten durch die Hilfsformel

(IV) $$m_{po_2} = \sqrt{m_1^2 + \sigma^2}$$

zu berechnen (vgl. S. 14 nebst Fussnote). — Auch das oben angeführte geometrische Mittel erhielt eine entsprechende Prozentualformel, nämlich

(VIII) $$m_{ge} = \sqrt[100]{\Pi x^P}.$$

Es sei noch erwähnt, dass alle hier vorgebrachten statistischen Mittel ihrem Charakter nach eindeutig sind. Somit erfüllen sie bei der Lösung des fraglichen Problems auch in dieser Beziehung die vorausgesetzte Anforderung. Was die übrigen Eigenschaften sowie die gegenseitigen Beziehungen dieser Mittel betrifft, so siehe näher z. B. BOETIUS (ca. 500), FECHNER (1878), MESSEDAGLIA (1880), BLASCHKE (1906, S. 71 ff.), ŽIŽEK (1908, S. 159 ff.).

A. M. T. S. BOETIUS, De Institutione Arithmetica. E libris manu scriptis edidit G. FRIEDLEIN. Lipsiae. 1867.

G. TH. FECHNER, l. c.

A. MESSEDAGLIA, l. c.

E. BLASCHKE, Vorlesungen über mathematische Statistik. Leipzig und Berlin.

FR. ŽIŽEK, Die Statistischen Mittelwerte. Leipzig.

(24) $$h_{N_1} = \frac{\sum hN}{\sum N};$$

(25) $$h_{N_{pos}} = \sqrt{\frac{\sum h^2 N}{\sum N}};$$ (KUNZE.)[1]

(26) $$h_{G_{ha}} = \frac{\sum G}{\sum \frac{G}{h}};$$

(27) $$h_{V_1} = \frac{\sum hV}{\sum V}.$$ (SCHIFFEL, GRUNDNER.)[2]

Die Paarwerte für die Formzahl erhält man danach aus der Gleichung (17), wenn man den Inverswert des jeweils gewählten Höhenmittels mit dem Quotienten $\frac{\sum V}{\sum G}$ multipliziert. — In gleicher Weise kann man bezüglich des Formzahlmittelwerts verfahren und die mittlere Höhe entsprechend herleiten.

Ein solches, statistisch vollbenanntes und demgemäss in eine einfache Form gekleidetes Formelpaar, wie es die ersterwähnten $h_{V_{ha}}$ — — f_{G_1}-, bzw. h_{G_1} — — $f_{V_{ha}}$-Lösungen repräsentieren, dürfte jedoch weder die hier angeführten anderen noch auch sonstige entsprechende Formelvorschläge bilden (vgl. jedoch folgende Fussnote). Wenigstens deshalb könnte man gerade diese erwähnten Formelpaare den anderen, übrigens auch theoretisch sachgemässen vorziehen, woraus seinerseits folgen würde, dass sie, was eine harmonische, theoretisch exakte Lösung vom rein statistischen Standpunkt aus betrifft, auf Grund der hier von vornherein gewählten Volum- und Grundflächenmittel, die bestmögliche Mittelkombination ver-

[1] M. FR. KUNZE 1883, Untersuchungen über die Genauigkeit, welche bei Holzmassenaufnahmen durch Klassenprobestämme zu erreichen ist. Suppl. zum Thar. Forstl. Jahrb., Suppl.-Bd. III, 1884. (S. 5.) — Ders. 1916, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände. 3. Aufl. Berlin. (S. 29.)

[2] A. SCHIFFEL 1898, Kritische Betrachtungen über die Holzmassenermittlung nach der Bestandesformhöhe. Cbl. f. d. ges. Forstwes. (S. 300—301.)

F. GRUNDNER 1904, Untersuchungen im Buchenhochwalde über Wachstumsgang und Massenertrag. Berlin. (S. 13.)

Schon früher hat SPEIDEL (1893, S. 95) die entsprechende Formel mit dem Probestammvolumen als Gewichtszahl angeführt.

E. SPEIDEL, Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes und zur Durchforstungslehre. Tübingen.

treten dürften.[1] (Vgl. v. LOREY 1878, 1883, 1901; SCHIFFEL 1900; LEVAKOVIĆ 1922.)[2]

Hiernach wäre weiter zu untersuchen einerseits, wie die gewählten bzw. gelösten Mittel, sowohl ein jedes für sich wie besonders in voller Mittelstammkombination, der biologischen Bedingung, die oben vorausgesetzt wurde, entsprechen, und andrerseits, ob sich die rein statistische Einfachheit der erhaltenen Mittel auch in praktisch-technischer Hinsicht weiter bewährt.

Was die erstgenannte Frage anbelangt, ist sie durch direkte Materialvergleichung am leichtesten und sichersten zu prüfen.

Was in diesem Sinne zunächst die Entwicklung des Volumens und der Grundfläche des Bestandesmittelstammes betrifft, so sind aus Fig. 1 und 3 die Lagen der in der Gleichungen (11) und (14) darge-

[1] Wenn man die drei Unbekannten (g_m, h_m und f_m) in der Gleichung (13) auch in der Hinsicht als gleichwertig ansähe, dass man der Reihe nach einer jeden von ihnen das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Mittel gäbe (wie es hier also schon mit der Grundfläche in der Formel (14) geschehen ist), so würde man natürlicherweise eine dreifache durchgehende Kombination der zwei erwähnten statistischen Mittel (des arithmetischen und des harmonischen) erhalten. Hierbei wäre das eine arithmetische Mittel ausschliesslich mit der Stammzahl, das harmonische Mittel allein mit dem vielfachen Volumen und das andere arithmetische Mittel abwechselnd mit der vielfachen Grundfläche, Höhe oder Formzahl gewogen, — was also zu sechs verschiedenen Kombinationen führen würde. Die Gleichung (13) könnte man entsprechend auf folgende allgemeingültige Weise schreiben:

$$\text{(IX)} \qquad \frac{\Sigma x N}{\Sigma N} \cdot \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{y}} \cdot \frac{\Sigma z x N}{\Sigma x N} \cdot \Sigma N = \Sigma V,$$

wo x, y und z wechselweise die drei erwähnten Charakteristika vertreten würden. Dass eine auf diese Weise vermehrte Kombination zu irgendwelchen vorteilhafteren Gesamtlösungen führte als die zwei schon genannten Kombinationen, ist nicht anzunehmen. Wenigstens wird die Lösung des mittleren Durchmessers hierdurch komplizierter, und auch die neuen Gewichtszahlen (vielfache Höhe bzw. Formzahl) sind verhältnismässig nicht als besonders vorteilhaft anzusehen. Theoretisch ist dagegen natürlich nichts gegen eine solche Lösung einzuwenden. — Vgl. noch den folgenden Abschnitt dieser Studie.

[2] T. v. LOREY 1878, l. c. — Ders. 1883, Die mittlere Bestandeshöhe. Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. — Ders. 1901, Bemerkungen zu einigen Fragen aus dem Gebiete der Holzmesskunde. Ibid.

A. SCHIFFEL, l. c.

A. LEVAKOVIĆ, l. c.

stellten, mit den Stammzahlen gewogenen arithmetischen Mittelwerte dieser Charakteristika im Vergleich zu den entsprechenden Etagenmittelwerten ersichtlich. Das Verhalten der Etagenmittelwerte ihrerseits zu der ganzen Variationsweite der genannten Charakteristika bildlich darzustellen, ist dagegen hier nicht als nötig erachtet worden, weil man eine hinreichend gute Vorstellung in dieser Hinsicht schon aus einer entsprechenden, die Durchmesservariation erläuternden Figur erhält, worin die ganze Stammverteilung, sowohl die der verschiedenen Etagen wie die des gesamten Bestandes, nebst den in Frage stehenden arithmetischen Mittelwerten graphisch veranschaulicht sind (Fig. 7).[1]

Aus diesen Figuren geht klar hervor, dass die erwähnten statistischen Mittel eine variationstechnisch ausgezeichnete Lage besitzen, was ja hinsichtlich des recht regelmässigen Verlaufs der Bestandesfrequenzkurve auch schon von vornherein offenbar war. In dieser Gegend, in der Nähe des Hauptmodewerts (Kurvengipfels) ist aller Wahrscheinlichkeit nach auch die reichste Variation der Kombination: Stärke — — Höhe — — Formzahl vorhanden, was seinerseits die volle Lösung des gesuchten Mittelstammes am besten ermöglicht.

Es ist natürlich, dass die relativen Lagen des gewählten Volum- und des gewählten Grundflächenmittels in den Variationsintervallen untereinander recht gut übereinstimmen, da die statistische Qualität der fraglichen Mittel dieselbe ist. — Zwischen den einzelnen Waldtypen sind dagegen Unterschiede in betreff der beiden in Betracht kommenden Charakteristika für sich zu bemerken, besonders was den C-Typ im Vergleich zu den anderen untersuchten Typen anbelangt, — was aber auf die jetzt behandelnde Frage sachlich nicht einwirkt.

In welcher Weise sich wiederum die in den Gleichungen (15) vorgeführten, mit der Stammzahl gewogenen quadratischen Durchmesserpotenzmittelwerte $d_{N_{po_2}}$ des Bestandes sowohl zu den entsprechenden arithmetischen d_{N_1} wie zu den ebenfalls vorgeführten arithmetischen Etagenmittelwerten verhalten, geht direkt oder durch Vergleich aus Fig. 6, 7 und 5 hervor. Die Bestandesdifferenz $d_{N_{po_2}} - d_{N_1}$ (Fig. 6) beträgt, wie ersichtlich, auch in höherem Alter nur ca. 6—8 mm (je nach dem Waldtyp). Auch die relative Lage von $d_{N_{po_2}}$ ist, wie die

[1] Über die näheren Beziehungen in betreff der Form der Frequenzkurven siehe E. Lönnroth (1925, S. 219 ff., l. c.).

von d_{N_1}, natürlich bei der praktischen Bestimmung des Mittelstammes sehr vorteilhaft.[1][2]

Aus Fig. 12 ersieht man die relative Stellung des Mittelwerts der in Gleichung (17) bestimmten Formhöhe. Auch gegen die Einordnung dieses Mittelwerts in den in Frage stehenden Spielraum ist hier nichts einzuwenden.

Es fehlt noch die Prüfung der Höhe und der Formzahl.

Zur Erleichterung dieser kombinierten Untersuchung werden erstens in Fig. 8, wie schon teilweise erwähnt, die mittleren Höhen der Etagen nebst der mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Bestandesmittelhöhe h_{N_1} und in Fig. 9 die übrigen obenerwähnten Bestandesmittelhöhen: $h_{N_{po_4}}$, $h_{G_{ha}}$, h_{G_1}, $h_{V_{ha}}$ und h_{V_1}, wie auch die mittlere Oberhöhe h_o (zum Vergleich), durch Differenzen in bezug auf die arithmetische Bestandesstammzahlmittelhöhe h_{N_1} veranschaulicht. In der letzterwähnten Figur ist ausserdem die aus Formel (17) durch Einsetzung der Formzahl f_{N_1} hergeleitete Bestandesmittelhöhe $h_{(f_{N_1})}$ durch Strich-Punkt dargestellt.

Fig. 9 bedarf kaum genauerer Erläuterungen. Die bekannten Kraftverhältnisse zwischen den einzelnen Gewichtszahlen und Mittelqualitäten gehen deutlich daraus hervor. Man sieht, wie erheblich der Mittelwert steigt, wenn die Stammzahlgewichtszahl mit der Grundflächengewichtszahl vertauscht wird, und wie man von dieser ferner einen geringeren Anstieg erhält, wenn an Stelle der Grundfläche das Volumen gesetzt wird. Ebenso treten natürlich in den Berechnungen auch die bekannten Tatsachen zutage, dass das harmonische Mittel von den hier erwähnten Mittelqualitäten die kleinste und das quadratische Potenzmittel die grösste ist.

---

[1] Die Brusthöhendurchmesserentwicklung beginnt in demselben Altersjahr, in welchem der erste Oberbaum die Brusthöhe erreicht, und das kleinste Mass des Durchmessers ist durch die Dicke der Brusthöhenjahrestriebe gegeben. Die Interpretierung dieser Durchmesserentwicklung wird auch nicht biologisch signifikant, ehe alle zur fraglichen biologischen Baumkategorie (Etage, Bestand) gehörigen Individuen die Brusthöhe erreicht haben. Die Wachstumszeit, die von dem Zeitpunkt, wo der erste Jungbaum die Brusthöhe überschreitet, bis dahin dauert, wo der letzte diese Höhe erreicht hat, ist in den graphischen Abbildungen durch punktierte Kurvenstücke bezeichnet. Vgl. näher E. LÖNNROTH (1925, S. 179—181, 205—206, l. c.).

[2] Die in Fig. 6 vorgeführten anderen positiven Bestandesmittelwerte werden weiter unten zur Behandlung kommen. — Die Differenz zwischen dem mittleren Oberdurchmesser $d_{o_{N_1}}$ und dem mittleren Bestandesdurchmesser d_{N_1} ist hier nur zum Vergleich dargestellt.

Beachtenswert ist, dass das quadratische Potenzmittel der Stammzahlhöhe nur so wenig das entsprechende arithmetische Mittel überschreitet, wie es die Figur zeigt. Es würden daher ganz andere Gewichtszahlen nötig sein (Grundfläche, Volumen), damit der Mittelwert bedeutender anstiege. Noch nicht einmal die biquadratische Stammzahlpotenzmittelhöhe $h_{N_{po_4}}$ (hier nicht eingezeichnet; vgl. Fig. 6 und weiter unten) erreicht die arithmetische Grundflächenmittelhöhe h_{G_1}.

Die mittleren Formzahlen sind ihrerseits in Fig. 10 und 11 in entsprechender Weise wie die mittleren Höhen in Fig. 8 und 9 veranschaulicht. Die hier dargestellten, speziell benannten statistischen Mittel für den ganzen Bestand sind die folgenden: f_{N_1}, f_{G_1} und $f_{V_{ha}}$, aus welchen das erste als Grundlage für die Differenzdarstellung in Fig. 11 dient. Ausserdem sind die aus Gleichung (17) abgeleiteten, durch wechselweise Einsetzung der mittleren Höhen: h_{N_1}, $h_{N_{po_2}}$, $h_{G_{ha}}$ und h_{V_1} erhaltenen mittleren Formzahlen: $f_{(h_{N_1})}$, $f_{(h_{N_{po_2}})}$, $f_{(h_{G_{ha}})}$ und $f_{(h_{V_1})}$ zur Abbildung gekommen (Fig. 11).[1]

Wie bekannt und wie auch schon erwähnt, ist die Rangordnung der Zahlenwerte der verschiedenen Formzahlmittel der Rangordnung der nach Gleichung (17) entsprechenden Höhenmittel entgegengesetzt. Je mehr die einzelnen Mittelhöhen also in die Höhe steigen, desto niedriger stellen sich die entsprechenden Formzahlwerte. Hinsichtlich der hier genommenen Grundformzahl f_{N_1} sind also auch eine Anzahl von den dargestellten anderen Formzahlen durch negative Differenzwerte gekennzeichnet. —

Betrachtet man ferner die Lagenkonstellationen sowohl in biologischer als in praktisch-technischer Hinsicht, in welche die hier mitgeteilten verschiedenen Bestandeshöhen- und -formzahlmittelwerte geraten sind, so kommt man zu folgenden Schlüssen.

Geht man von der Ansicht aus, dass das nächste Variationsgebiet um den mit der Variantenzahl gewogenen arithmetischen Mittelwert im allgemeinen die vorteilhafteste Mittelwertkombination sei (im Hinblick auf den recht regelmässigen Verlauf der in Frage stehenden Frequenzkurven kann man diese Annahme wohl machen), so steht von

[1] Die anderen in Fig. 11 vorgeführten, durch Strich-Punkt veranschaulichten mittleren Bestandesformzahlen werden weiter unten näher behandelt. — Zum Vergleich sind in dieser Figur ausserdem die mittleren Formzahlen für die Ober- und die Grundstämme dargestellt (f_O und f_U).

den hier untersuchten, auf Grund der Gleichung (17) berechneten Höhen-Formzahlkombinationen auf dem ersten Rangplatz vielleicht die Kombination (vgl. Fig. 9 und 11)

(a) $$f_{N_1} - - h_{(f_{N_1})}.$$

An zweiter Stelle (und dem erwähnten Paar (a) recht nahe) dürfte sich das Formelpaar

(b) $$h_{G_{ha}} - - f_{(h_{G_{ha}})}$$

befinden. Ein wenig weiter ab, aber offenbar wohl zu den »typischen« Variantenwerten gehörend, stehen die Komponenten der zwei oben vorgeführten schönen Formelpaare

(c) $$h_{V_{ha}} - - f_{G_1}$$

und

(d) $$h_{G_1} - - f_{V_{ha}}.$$

Als die unvorteilhaftesten der auf Grund von Gleichung (17) berechneten Formelpaare wären schliesslich die Paare

(e) $$h_{N_1} - - f_{(h_{N_1})},$$

(f) $$h_{N_{pos}} - - f_{(h_{N_{pos}})}$$

und

(g) $$h_{V_1} - - f_{(h_{V_1})}$$

zu bezeichnen.[1]

Zieht man zur Beurteilung der in Frage stehenden Angemessenheit der verschiedenen vorgeführten Formelpaare nur die Lagenrelativität hinsichtlich des gegenseitigen Verhaltens zwischen den zwei behandelten Paarkomponenten in Betracht, so verschärft sich das oben ausgesprochene Urteil.

Nach dieser Beurteilung müssen die drei letzterwähnten Mittelpaare ganz aus der Liste ausgeschaltet werden, — wenigstens soweit es sich um CT handelt. Wie nämlich zu bemerken, fallen alle drei in Frage

[1] Um die Figur 11 nicht ganz chaotisch zu machen, sind die Werte des zuletzterwähnten Formzahlmittels nur in das Bild des C-Typs, wo mehr Raum war, eingezeichnet.

stehenden Formzahlmittelwerte teilweise ausserhalb des von der mittleren Ober- und der mittleren Grundformzahl bestimmten Intervalls (beim C-Typ durchaus), die zwei ersten auf dessen positive und der dritte auf dessen negative Seite. Es scheint somit sehr unsicher zu sein, ob ein entsprechend qualifizierter Stamm (das Volumen, die Grundfläche und die Höhe in der Nähe von dem Vasallenmittelstamm und die Formzahl entweder teils ausserhalb des Grundmittelstammes (e) und (f), oder des Obermittelstammes (g)) im Bestand in jedem Fall normaliter zu finden wäre.[1]

Was die vier übrigen Formelpaare betrifft, ist leicht zu konstatieren, dass die hier anfangs entwickelten Paare (c) und (d) hinsichtlich der zwei Komponenten ausserordentlich egal liegen, also mit kaum merkbarem Unterschied in der relativen Lage (Fig. 9 und 11). Dagegen sind ja die Paare (a) und (b) in dieser Hinsicht nicht so gut orientiert.

Betrachtet man diese vier Paare weiter auf die schon oben berührte Selbständigkeit der gegenseitigen Paarkomponenten hin, so können das (a)- und das (b)-Paar in der Formelkonkurrenz nicht mehr in Frage kommen. In dem (a)-Paar ist ja der h- und in dem (b)-Paar der f-Wert erst nach Kenntnis des entsprechenden f- bzw. des h-Wertes zu berechnen, wogegen das (c)- und das (d)-Paar in betreff der Komponenten in der fraglichen Hinsicht selbständige Mittel zeigen.

Was zuletzt die Gesamtanordnung der erhaltenen Charakteristikummittel (11), (14), (15) und Formelpaare (c) oder (d) mit bezug auf die Stammvariation innerhalb des Bestandes im Zusammenhang mit den oben vorgelegten speziellen Bedingungen der Lösung des stereometrischen Bestandesmittelstammes anbelangt, so sei folgendes angeführt.

Das mit der Stammzahl gewogene geometrische Mittel dürfte das einzige Mittel sein, welches das S. 6 angeführte erste leitende Prinzip zur Lösung des stereometrischen Mittelstammes erfüllt. Lässt man

[1] Vgl. hier die Kontroversen, die sich darüber entsponnen haben, dass v. Baur und Flury gerade die Anwendung des h_{N_1}-Mittels bei derMittelstammcharakterisierung auf Grund von Gleichung (17) anstelle des von v. Lorey vorgeführten h_{G_1}-Mittels empfehlen. v. Baur (1882, S. 554—555), v. Lorey (1883, 1901), Flury (1898, S. 122—125), Levaković (1922, S. 34 ff.).

Fr. v. Baur, Zur Lehre von der mittleren Bestandeshöhe. Forstwiss. Cbl.

T. v. Lorey, l. c.

Ph. Flury, l. c.

A. Levaković, l. c.

also dieses Mittel beiseite und versucht auf anderem Wege eine Mittelstammlösung aufzufinden, — wie es also in diesem Abschnitt der vorliegenden Studie geschehen ist —, so dürfte daraus sofort folgen, dass eine solche Lösung nur durch untereinander ungleichwertige statistische Charakteristikummittel durchgeführt werden kann.

So ordnen sich z. B. die in dem jetzigen Abschnitt vorgeführten kombinierten Mittel, wie sich auch schon gezeigt hat, natürlicherweise nicht im einzelnen in gleicher Weise in die bezüglichen Charakteristikumvariationsintervalle ein.

An sich ist dies jedoch noch nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Die relative Einordnung der Mittelwerte in die Variationsintervalle wird nämlich auch von mehreren anderen Momenten als dem erwähnten theoretischen beeinflusst, unter deren Einwirkung auch die Akkommodierung des besprochenen geometrischen Mittels steht. So sind z. B. die fraglichen Charakteristika in biologischer Hinsicht ungleich gewogen, woraus folgt, dass die in Rede stehenden Variationsformen sich in Beziehung zueinander verschieden ausbilden. Gleich sind die erwähnten Charakteristika auch nicht in rein mathematischer Hinsicht bei der Berechnung des Mittelstammes, obgleich sie durch ein und dasselbe Mittel gelöst werden können. Weiter ist die Mittelwertungleichwertigkeit in betreff verschiedener Bestände von den verschiedenen Standorts- wie den Bestandesbonitäten, der Holzart, dem Bestandesalter etc. bedingt (vgl. z. B. die Figuren). — Alles in allem ist eine gewisse Verschiedenwertigkeit der fraglichen Mittelwerte in keinem Fall zu vermeiden.

Ist denn eine solche Sachlage bei der vorgelegten Aufgabe nachteilig? Keineswegs.

Abgesehen davon nämlich, dass es, wie ersichtlich, keine Schwierigkeiten bietet, die gestellte Aufgabe durch vollcharakterisierte und benannte Mittel theoretisch zu lösen, ist ja bekanntlich die koordinierte Variation zwischen den verschiedenen in Frage kommenden Stammcharakteristika speziell im Optimumgebiet der Variation verhältnismässig sehr reich und, wie hier aus den Figuren ersichtlich ist (von Fig. 7 beginnend), in betreff der besprochenen Verschiedenwertigkeit der einzelnen Charakteristikummittel normalerweise übergenug ausreichend. [1]

[1] Nehmen wir z. B. einen Altersbestand MT, so beträgt die Höhenvariation in dem fraglichen Optimumgebiet in betreff eines bestimmten Mitteldurchmessers ca. 6 m. Aus Fig. 9 sieht man dementsprechend, dass die fraglichen $h_{V_{ha}}$- und h_{G_1}-Mittel-

Die in diesem Abschnitt speziell in Betracht kommenden zwei Lösungen des stereometrischen Mittelstammes sind mithin in der Sache wohl gültig.[1]

Auf Grund alles dessen, was sich hier ergeben hat, dürfte man die weiter oben vorgeführte Ansicht aufs neue aussprechen können, die nämlich, dass die Formelpaare (c) und (d) — also im Hinblick auf Gleichung (17) — die bestmöglichen exakten diesbezüglichen Mittelkombinationen sein dürften.

Die Sache ist jedoch hiermit nicht in jeder Hinsicht erledigt. Es bleibt nämlich noch zu prüfen, wie sich die zwei gewählten Formelpaare zu der praktischen Bestimmung der Mittelwerte der zwei in Frage stehenden Charakteristika verhalten.

In dieser Hinsicht stellt sich sogleich heraus, dass das in den beiden Formelpaaren auftretende Volumgewichtscharakteristikum die praktische Bestimmung des Mittelstammes grundsätzlich erschwert. Bei einer exakten Lösung des Mittelstammproblems dürfte hiergegen jedoch — von der durchgehenden Akkommodierung des weiter oben besprochenen geometrischen Mittels abgesehen — nichts zu machen sein.

Anders verhält es sich indes mit den annähernden Lösungen. Hier steht ein aussergewöhnlich guter Ausweg zur Verfügung. Er

werte um $+1$ m von dem Wert h_{N_1} differieren. Angenommen, dass der zuletzterwähnte Mittelwert etwa in der Mitte der Höhenvariation liege, haben die zwei gewählten Höhenmittel sich nur um ein Drittel des Hälftespielraums von dem Zentrumwert entfernt. (Die von W. Neubauer (1925, S. 11—12, l. c.) als »übernormale» Höhe bezeichnete Höhe h_{G_1} v. Lorey's ist also zu den »typischen» Mittelhöhen zu rechnen.) Analog stehen die entsprechenden Formzahlen nur um einige Tausendstel von der angenommenen Optimumwert f_{N_1} seitwärts (Fig. 11). Sowohl die fraglichen Höhen- wie die Formzahlmittelwerte befinden sich zwischen den m_{N_1}- und m_o- (Oberhöhen-) Werten. — Vgl. auch S. 12—13 Fussnote, und z. B. A. Levaković (1922, S. 10 ff., l. c.).

[1] Im Hinblick auf alles hier und in dem vorhergehenden Abschnitt Gesagte ist der in der fraglichen Literatur oft hervorgehobene prinzipielle Unterschied zwischen dem »Volummittelstamm» und dem »Grundflächenmittelstamm» für die Frage des Bestandesmittelstammes in seiner Gesamtheit eine Fiktion. Eine solche Unterscheidung ist sowohl in bezug auf die innere biologische Struktur des Bestandes wie auf die mathematisch-statistischen Prinzipien zur Lösung der vorliegenden Aufgabe überhaupt ungeeignet. — Dasselbe gilt von der Anschauung, dass der stereometrische Bestandesmittelstamm durch Werte, die nicht als Bestandesmittelwerte angegeben sind, charakterisiert werden könnte. (Vgl. S. 4 Fussnote 1.)

ergibt sich aus der hier gefundenen gegenseitigen, fast genauen Übereinstimmung der Ergebnisse der zwei Mittelwertformeln m_{G_1} und $m_{V_{ha}}$ sowohl in betreff der Höhe wie der Formzahl, — natürlich abgesehen von derjenigen Altersperiode, innerhalb deren Baumindividuen unter Brusthöhe zahlreicher auftreten und wo somit m_{G_1} nicht signifikant ist. Vgl. Fig. 9 und 11.[1]

Nimmt man demgemäss eine Substitution in den in Frage stehenden Formelpaaren vor, indem man anstatt $m_{V_{ha}}$ das Mittel m_{G_1} setzt, so erhält man aus den beiden Paaren die neue Kombination

(h) $$h_{G_1} = f_{G_1},$$ (appr.)

die ausser dem, dass durch sie die Gewichtszahlfrage glücklich gelöst ist, nur das als allereinfachstes Mittel angesehene arithmetische Mittel enthält.

Somit wird einerseits die Volumgewichtszahl auch hier aus der Lösung des stereometrischen Mittelstammes eliminiert, wodurch auch die vorgängige Kenntnis des Bestandesvolumens, worüber anfänglich eine Grundannahme zu machen war (vgl. S. 12), nicht mehr direkt notwendig ist.[2] Und zweitens wird die Gesamtlösung des stereometrischen Mittelstammes (wenn der Durchmesser aus der Grundfläche berechnet und primär ausser Acht gelassen wird) ausschliesslich mittels arithmetischer Mittel durchgeführt. Die bezüglichen Gewichtscharakteristika sind endlich auch nur zwei, nämlich

---

[1] Die Differenz zwischen den zwei verschiedenen Bestandesmittelhöhen h_{G_1} und $h_{V_{ha}}$ beträgt in dem hier ausgeglichenen Bestandesmaterial (die bedeutsame Wachstumsperiode hindurch) nur etwa $^1/_2$ dm und die entsprechende Formzahldifferenz 0,001. Für die verschiedenen Waldtypen war diese kleine Differenz stets von der Art $m_{G_1} > m_{V_{ha}}$. — Die in jeder Hinsicht ausgezeichnete Gleichmässigkeit der Differenzen war auffällig.

Die praktisch betrachtet fast volle Identität der Mittelwertserien m_{G_1} und $m_{V_{ha}}$ ist übrigens ein interessanter Fall in der Hinsicht, dass die grössere Kraft der Gewichtszahl des einen Mittels durch die höhere statistische Qualität des anderen Mittels so gut wie vollständig aufgewogen wird.

Vgl. auch A. LEVAKOVIĆ (1922, S. 33—34, l. c.).

[2] Im Mittelstamm-Begriff ist natürlich weiterhin die prinzipielle Kenntnis der Probestammvolumina im Zusammenhang mit der Bestimmung des f-Charakteristikums enthalten.

die Stammzahl und die vielfache Grundfläche.[1] — Vgl. auch SCHIFFEL (1900, S. 295).[2]

Das hier gewonnene Resultat steht im Einklang mit dem Gedanken, den seinerzeit schon v. LOREY geäussert hat, als er seine beiden, hier erwähnten Höhenformeln $h_{V_{ha}}$ und h_{G_1} entwickelte (1878, 1883).[3]

Dass dagegen v. LOREY's Anschauung von seiner h_{G_1}-Formel, dass diese als ein durch nur annähernde Gültigkeit gekennzeichneter Spezialfall der angeblich einzig richtigen Höhenformel $h_{V_{ha}}$ anzusehen sei, in der jetzt behandelten Frage nicht sachgemäss ist, ist schon aus dem Obigen klar geworden. Da sich dieser Gedanke v. LOREY's jedoch allgemein behauptet hat (vgl. hierüber MÜLLER 1923, S. 272; v. GUTTENBERG—MÜLLER 1926, S. 144—145, u. a.), dürfte es angebracht sein, der Sache hier noch einige Worte zu widmen.[4]

v. LOREY entwickelte seine Formel (23) aus der Formel (20 b) in der Weise, dass er die Formzahl konstant machte.[5] Aus den vorhergehen-

[1] Eine weitere annähernde, aber im ganzen nicht so vorteilhafte Lösung wie die obenangeführte wäre die, die man aus der Vereinigung der einander ziemlich nahestehenden Formelpaare (a) und (b) erhält. Hinsichtlich der Höhe und der Formzahl wäre die aufzustellende Kombination von folgender Form:

(i) $h_{G_{ha}} = -f_{N_1}$. (appr.)

Vgl. Fig. 9 und 11.

[2] A. SCHIFFEL, l. c.

[3] T. v. LOREY, l. c.

[4] U. MÜLLER, l. c.

A. R. von GUTTENBERG—U. MÜLLER, Holzmesskunde. T. v. LOREY—H. WEBER, Handbuch der Forstwissenschaft, Bd. III. 4. Aufl. Tübingen.

[5] Das Verfahren v. LOREY's war, wie bekannt, das folgende:

$$h_{V_{ha}} = \frac{\Sigma V}{\Sigma \frac{V}{h}}$$

$$= \frac{\Sigma hfG}{\Sigma \frac{hfG}{h}}.$$

Wird hier f zur Konstante gemacht und danach abgekürzt sowie im Nenner noch h ebenso gekürzt, so erhält man

$$\frac{\Sigma hG}{\Sigma G},$$

was $= h_{G_1}$ ist.

den Darlegungen ersieht man jedoch, dass die Formel (23) direkt aus der Grundformel (17) hervorgeht, wenn das f_m-Charakteristikum durch die Formel (22) bestimmt wird. Bleibt man also auf der Grundlage der Formel (17) und lässt man die mit dem Grundflächengewichtscharakteristikum unvereinbare erste Wachstumsperiode ausser Acht, so ist das Formzahlmittel $f_{V_{ha}}$ die einzige theoretische Voraussetzung des Höhenmittels h_{G_1}, welche Voraussetzung ihrerseits somit keineswegs Konstanz des f-Charakteristikums voraussetzt. Der Umstand, dass man h_{G_1} auch durch die von v. LOREY vorgenommene inkorrekte Zwangsherleitung erhalten kann, hat also nichts mit der sachlichen Bildung dieses Höhenmittels zu tun.[1]

* * *

Noch andere derartige Vorschläge zur Lösung des stereometrischen Mittelstammes können natürlich fortwährend gemacht werden. Einige weitere solche sind ja auch aus der Literatur bekannt.

So hat man teils von der mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen mittleren Grundfläche (Formel (14)) Abstand genommen, wenngleich das entsprechende Mittel bei der Berechnung des mittleren Volumens zur Anwendung gekommen ist (Formel (11)), und teils hat man umgekehrt das erwähnte Volummittel beiseite gelassen und die Lösung des Bestandesmittelstammes speziell in dieser Hinsicht in neue Wege zu lenken versucht. In beiden Fällen laufen die vorgeschlagenen statistischen Mittel auf grössere Mittelwerte als das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Mittel hinaus und bezwecken somit wenigstens nicht eine Lösung im Sinne des oben angeführten ersten diesbezüglichen leitenden Prinzips, die allein durch das mit der Stammzahl gewogene geometrische, also durch ein im Verhältnis zu dem entsprechenden arithmetischen Mittel kleineres Mittel durchzuführen sein dürfte. Vgl. S. 6—11. —

[1] Mehrere andere entsprechende zwangsweise Herleitungen, die Anlass zu ähnlichen Schlüssen geben, können aus der älteren sowie aus der neueren Literatur angeführt werden. So sind z. B. die in vorliegender Untersuchung angeführten Formeln (14), (20), (21), (22), (24), (27), (29) (siehe weiter unten) in verschiedenem Zusammenhang auf solche Weise hergeleitet worden. Auch durch allgemeinere Identifizierungen oder Nebeneinanderstellungen verschiedenwertiger statistischer Mittel sind in diesbezüglichen Formelherleitungen in einigen Fällen entsprechendweise Trugschlüsse gemacht worden.

In ersterwähnter Hinsicht sind WEISE (1880, S. 10 Fussnote) und KUNZE (1883, S. 5; 1916, S. 24 ff.; etc.) zu nennen. Speziell weil KUNZE in dieser Beziehung noch Anhänger gefunden hat (vgl. z. B. MÜLLER 1923, S. 270), kann es angebracht sein, auch diese Seite der Sache näher zu beleuchten.[1] [2]

Sowohl WEISE wie KUNZE verwendeten ein mit der Stammzahl gewogenes Potenzmittel bei der Bestimmung des Durchmessers bzw. der Grundfläche, — also wie auch weiter oben bei den Formeln (15) und (14) vorausgesetzt war. Die Gradhöhe des Mittels war nur eine andere.[3] Die angewandten Formeln waren:[4]

(28 a) $$d_{N\,po_3} = \sqrt[3]{\frac{\Sigma d^3 N}{\Sigma N}};$$ (WEISE.)

(28 b) $$= \sqrt[3]{d_{N_1}^3 + 3 d_{N_1} v_2 + v_3};$$ [5]

(29) $$g_{N\,po_2} = \sqrt{\frac{\Sigma g^2 N}{\Sigma N}}$$ (KUNZE.)

(30 a) $$d_{N\,po_4} = 2\sqrt{\frac{g_{N\,po_2}}{\pi}}$$

(30 b) $$d_{N\,po_4} = \sqrt[4]{\frac{\Sigma d^4 N}{\Sigma N}},$$ (KUNZE.)

(30 c) $$= \sqrt[4]{d_{N_1}^4 + 6 d_{N_1}^2 v_2 + 4 d_{N_1} v_3 + v_4}.$$ [5]

[1] W. WEISE, l. c.
M. FR. KUNZE, l. c.
U. MÜLLER, l. c.

[2] Die S. 18 Fussnote angegebene Formelkombination (IX), wo in Gleichung (14) in gewissen Fällen eine Charakteristikumvertauschung stattgefunden hat, ist nicht mit den jetzigen Fällen direkt vergleichbar und ist übrigens auch schon da zur Besprechung gekommen.

[3] Die Gesamtformel der Potenzmittel wird in folgender allgemeingültigen Weise geschrieben:

(X) $$m_{po_x} = \sqrt[x]{\frac{\Sigma x^x N}{\Sigma N}}.$$

Vgl. E. LÖNNROTH (1925, S. 100—101 Fussnote, l. c.).

[4] Sowohl WEISE wie KUNZE hielten ihre Formeln jedoch für einigermassen von zu hohem Grade.

[5] In diesen Formeln vertreten die v-Werte die relativen Momente um das mit der Stammzahl gewogene arithmetische Durchmessermittel.

(Forts. auf folgender Seite.)

Gegen WEISE's und KUNZE's Mitteldurchmesserberechnungen lässt sich vom allgemeinen theoretischen Mittelwertstandpunkt aus nichts einwenden, und auch nichts gegen die Willkür, die man sich im Rahmen der oben auseinandergesetzten biologischen Einschränkungen hinsichtlich der Durchmessermittelwerte allein gestatten darf (siehe näher unten). Was aber die anderen Grundlagen betrifft, die oben näher erwogen worden sind, wie die möglichst gleichwertige und einfache Bestimmung der ganzen Mittelwertreihe, so ist ebenfalls auf Grund des Obigen ohne weiteres klar, dass diese erwähnten Durchmessermittel geeignet sind, die Lösungen im Vergleich zu den oben erhaltenen und empfohlenen Mittelkombinationen wenigstens teilweise ungünstig zu gestalten.

Um die Konstellationen, zu denen diese Stärkenmittel in der Lösung des Bestandesmittelstammes auf Grund der Gleichung (11) führen, deutlicher hervortreten zu lassen, sind erstens die diesen Potenzmitteln entsprechenden Durchmesserwerte in Fig. 6 und 7 veranschaulicht[1] und zweitens die diese nebst den mittleren Höhenwerten h_{N_1} oder den Werten $h_{N_{po_2}}$ ergänzenden Formzahlwerte in Fig. 11 zum Studium vorgelegt.

Fasst man die erhaltenen Zahlenwerte etwas näher ins Auge, so sieht man, dass erstens die $d_{N_{po_3}}$- und $d_{N_{po_4}}$-Werte an sich hinsichtlich des ganzen Durchmesservariationsintervalls noch nicht besonders weit von dem angenommenen Optimum d_{N_1} abrücken (Fig. 6 und 7). Anders verhält es sich dagegen, abgesehen von einem Fall, mit den entsprechenden mittleren Formzahlwerten.

Die relativen Momente um das arithmetische Mittel werden in allgemeingültiger Weise durch folgende Formel berechnet:

(XI) $$v_s = \frac{\sum (x - m_1)^s N}{\sum N}.$$

v_2, das zweite diesbezügliche Moment, ist gleich dem Quadrat der hier früher erwähnten Dispersion σ (vgl. S. 14 Fussnote).

Die vorgeführten Hilfsformeln für das oben erwähnte kubische und das biquadratische Potenzmittel sind vom Verfasser als Erleichterungsformeln entwickelt. Die fraglichen Mittelwerte werden nämlich ausserordentlich viel bequemer direkt aus den ausgeglichenen Momentenwerten als durch die entsprechenden umständlichen Klassenfrequenzbestimmungen berechnet. — Wegen der Herleitung dieser Hilfsformeln wie auch der anderen in Frage stehenden Umstände vgl. E. LÖNNROTH (1925, S. 211—213 usw., l. c.).

[1] Es ist nicht notwendig erschienen, die fraglichen entsprechenden Grundflächenmittelwerte hier graphisch zu veranschaulichen.

Obgleich nämlich für den Durchmesser $d_{N_{po_3}}$ zum Komponenten die mittlere Höhe h_{N_1} genommen wird, stellt sich die entsprechende Formzahl bei dem M- und dem V-Typ recht niedrig, ja teils sogar ausserhalb der mittleren Oberformzahl (Fig. 11). Nur bei dem C-Typ ist die Lage relativ gut, in den Alternsbeständen sogar ausgezeichnet.[1] Dieser eine Fall kann jedoch nicht den im allgemeinen ungünstigen Eindruck grundsätzlich mildern, den die zwei anderen Typen betreffs dieser Kombination geben. — Wie aus Fig. 11 noch zu ersehen ist, würde übrigens ein bestimmtes d_m-Mittel, das zwischen $d_{N_{po_2}}$ und $d_{N_{po_3}}$ läge, in Kombination mit h_{N_1} zu den f_{N_1}-Werten führen. Dies hat schon Weise, wie gesagt, seinerzeit gefunden (1880, S. 10 Fussnote).[2] Dieser d_m-Wert variiert jedoch auch nach Waldtyp, Bestandesalter usw. und kann auch nicht durch ein speziell benanntes Mittel vertreten werden.

Was zweitens die den Kunze'schen mittleren Durchmesserwerten $d_{N_{po_4}}$ entsprechenden Formzahlwerte anbelangt, ist es natürlich, dass sie sich noch ungünstiger verhalten als die das oben behandelte $d_{N_{po_3}}$ — — h_{N_1}-Paar ergänzenden Formzahlwerte.

Wie aus Fig. 11 zu ersehen, sinken die diesbezüglichen Formzahlwerte schon in Verbindung mit den Höhenwerten h_{N_1} sogar bedeutend unter die mittlere Oberformzahlkurve, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass ihnen entsprechende Werte im Bestande überhaupt nicht vorhanden sind. Noch schlechter werden die Formzahlergebnisse, wenn die Höhenwerte nach Kunze's weiterem Vorschlag zur Höhe des quadratischen Potenzmittels $h_{N_{po_2}}$ erhoben werden. Zu welchen vollständigen Unmöglichkeiten diese Kombination in der Tat führt, geht aus Fig. 11 ganz unstreitig hervor. — Vgl. auch z. B. Levaković (1922, S. 99—100).[3] —

Die jetzt behandelten Mittelwertkombinationen haben im allgemeinen schon an sich zu mehr oder weniger ungünstigen Totalergebnissen geführt. Zieht man hierzu in Betracht, dass entweder der Höhen- oder der Formzahlmittelwert hier als Hilfswert zu berechnen ist und dabei kein selbständiges statistisches Mittel vertritt, so wird klar, dass keine von den hier vorgeführten Mittelwertzusammenstellungen den oben an-

[1] Über die diesbezüglichen Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Waldtypen siehe näher E. Lönnroth (1925, S. 154 ff., l. c.).

[2] W. Weise, l. c.

[3] A. Levaković, l. c.

geführten gleichzeitigen Forderungen von biologischer Gültigkeit, Formeleinfachheit und theoretisch bindender Zusammenwirkung genügt. — Bessere Ergebnisse dürften auch die sonstigen derartigen Mittelwertkombinationen nicht liefern.

Das zweiterwähnte Verfahren, das, welches das Volumen des Mittelstammes weder durch die Formel (2) noch durch (11) zu lösen beabsichtigt, dürfte auch nicht zu irgendwelchen vorteilhafteren Allgemeingesamtlösungen des stereometrischen Mittelstammes führen. Theoretisch ist natürlich auch gegen alle solche möglichen Vorschläge nichts anzumerken, soweit sie nur mit entsprechend qualifizierten ergänzenden Charakteristikummitteln in Verbindung stehen, — aber wie gut sie die oben angeführten anderen Bedingungen erfüllen, ist eine andere Frage.

Wenigstens nach der Ansicht des Verf. scheint dies bei Anwendung solcher Volummittel nicht in genügendem Masse der Fall zu sein.

Weil jedenfalls ein bestimmter Vorschlag in der hier berührten Richtung gemacht worden ist, sei gerade dieser Fall noch einer kurzen Prüfung mit Rücksicht auf die vorliegende Untersuchungsaufgabe unterworfen. —

NEUBAUER (1924—1925)[1] empfiehlt für die Bestimmung des Mittelstammvolumens das von ihm so genannte »zentrale Massenmittel», für welches er folgende Formel vorschlägt (1924, S. 114; 1925, S. 19):

$$v = \frac{\sum v^2 N}{\sum v N} \qquad \text{(NEUBAUER.)} \tag{31 a}$$

Wie ersichtlich, ist dieses (Formel-) Mittel das mit der Stammzahl gewogene eigentliche (quadratische) antiharmonische Volummittel $v_{N_{ah_2}}$.

Die allgemeine Gesamtformel der antiharmonischen Mittel kann mit den hier benutzten Bezeichnungen geschrieben werden

$$m_{ah_s} = \frac{\sum x^s N}{\sum x^{s-1} N}. \tag{XII a}$$

Die entsprechende Formel der Potenzmittel wurde, wie erwähnt, ihrerseits in folgender Form gegeben (vgl. S. 29 Fussnote 3):

[1] W. NEUBAUER, l. c.

(X) $$m_{po_s} = \sqrt[s]{\frac{\sum x^s N}{\sum N}}.$$

Hieraus folgt, dass die Formel der antiharmonischen Mittel auch durch Potenzmittel ausgedrückt werden kann, und zwar auf folgende Weise:

(XII b) $$m_{ah_s} = \frac{m^s_{po_s}}{m^{s-1}_{po_{s-1}}}.$$

Folglich kann auch das eigentliche (quadratische) antiharmonische Mittel durch folgende Formel dargestellt werden:

(XIII a) $$m_{ah_2} = \frac{m^2_{po_2}}{m_1}.$$

Substituiert man hier das in dem rechten Glied der Gleichung vorkommende quadratische Potenzmittel m_{po_2} durch die Oppermann'sche Hilfsformel (vgl. S. 14 Fussnote), so erhält man nach Entwicklung die Formel

(XIII b) $$m_{ah_2} = m_1 + \frac{\sigma^2}{m_1},$$

welche also mit den angewandten Volumbezeichnungen etc. die Form

(31 b) $$v_{N_{ah_2}} = v_{N_1} + \frac{\sigma_v^2}{v_{N_1}}$$

annimmt. — Aus dieser Gleichung geht hervor, dass $v_{N_{ah_2}}$ im allgemeinen merklich grösser als das oben vorgeschlagene Mittel v_{N_1} ist.[1] [2]

---

[1] Dass m_{ah_2} auch $> m_{po_2}$ ist, geht aus der zweitvorletzten Gleichung ohne weiteres hervor, weil $m_{po_2} > m_1$ ist. Dass aber im allgemeinen noch $m_{ah_2} > m_{po_3}$ ist, lässt sich folgendermassen zeigen:

$$m_{ah_2} \neq m_{po_3}.$$

Durch Substitution der Formel (XIII b) und der Allgemeingleichung aus der Formel (28 b) erhält man, da $\sigma^2 = \nu_2$

$$m_1 + \frac{\sigma^2}{m_1} \neq \sqrt[3]{m_1^3 + 3\, m_1 \sigma^2 + \nu_3}$$

und nach Kubierung weiter

$$m_1^3 + 3\, m_1 \sigma^2 + \frac{3\,\sigma^4}{m_1} + \frac{\sigma^6}{m_1^3} \neq m_1^3 + 3\, m_1 \sigma^2 + \nu_3.$$

(Forts.)

Aus den zwei vorhergehenden Abschnitten dieser Untersuchung ist schon klar geworden, teils, dass das mit der Stammzahl gewogene geometrische Mittel das Mittel ist, welches die Forderung eines gemeinsamen Mittels für die fünf Hauptcharakteristika des stereometrischen Mittelstammes erfüllt, und teils, dass die Anwendung des mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Mittels auf das Volumen eine Erhöhung von wenigstens einem der übrigen Charakteristikummittelwerte über diesen selben, d. h. über den mit der Stammzahl gewogenen arithmetischen Mittelwert zur Folge hat.

Geht man auf diesem Weg noch weiter, d. h. verschiebt man das Volummittel noch über das besprochene arithmetische Mittel hinaus, so folgt daraus weiterhin, dass die erwähnte ergänzende Erhöhung der anderen bezüglichen Charakteristika in entsprechend verschärftem Grade geschehen muss.

Weil im allgemeinen

$$\frac{3\sigma^4}{m_1} + \frac{\sigma^6}{m_1^3} > v_3$$

ist, so hat man auch im allgemeinen die Ungleichung

$$m_{ah_2} > m_{po_3}.$$

— Da im normalen Naturbestand σ_v durch eine beachtenswerte Weite gekennzeichnet ist (vgl. schon Fig. 1), erreicht der Unterschied zwischen $v_{N_{ah_2}}$ und v_{N_1} in der Tat auch eine nennenswerte Grösse.

[2] Auch das mit der Stammzahl gewogene quadratische Potenzmittel hat W. NEUBAUER (1925, S. 20, l. c.) bei der Volummittelwertberechnung angeführt

(32 a) $$v_{N_{po_2}} = \sqrt{\frac{\Sigma v^2 N}{\Sigma N}}, \qquad \text{(NEUBAUER.)}$$

in bezug worauf folgende Ungleichung bzw. Gleichung auf Grund des Obigen besteht (vgl. auch A. MESSEDAGLIA 1880, S. 394, 402 (französisch), l. c.):

$$v_{N_{ah_2}} \geqq v_{N_{po_2}} \geqq v_{N_1},$$

(32 b) $$v_{N_{po_2}} = \sqrt{v_{N_1} v_{N_{ah_2}}}.$$

Von diesem Mittel gilt in der Hauptsache somit dasselbe, was von dem $v_{N_{ah_2}}$-Mittel gleich unten gesagt ist.

Da das vorgeschlagene quadratische antiharmonische Mittel, wie ersichtlich, gerade einen solchen Fall vertritt, hat es somit eine weitere unbequeme und unvorteilhafte Totallösung des Mittelstammes zur Folge, so dass die Prinzipien, deren Durchführung hier beabsichtigt wurde, wenigstens auf diese Weise nicht am vorteilhaftesten realisiert würden. Ausserdem gilt von diesem Volummittel auch das auf S. 10—11 über das geometrische Volummittel Gesagte.

Dasselbe trifft in der jetzt behandelten Hinsicht für die sonstigen derartigen Volummittel zu.

* * *

Aus allem Obigen dürften folgende Hauptschlussfolgerungen gezogen werden können:

1) eine in rein theoretischer, mathematisch-statistischer Hinsicht vollkommene, exakte, praktisch aber weniger angemessene Lösung des stereometrischen Bestandesmittelstammes ist die durchgehende Lösung durch das mit der Stammzahl gewogene geometrische Mittel

(A) $$v_{N_{ge}} - g_{N_{ge}} - d_{N_{ge}} - h_{N_{ge}} - f_{N_{ge}};$$

2) zwei weitere schöne, theoretisch exakte, für praktische Zwecke wenigstens in gewissen Hinsichten vorteilhafte Lösungen sind die Mittelkombinationen

(B) $$v_{N_1} - g_{N_1} - d_{N_{po_2}} - h_{V_{ha}} - f_{G_1}$$

und

(C) $$v_{N_1} - g_{N_1} - d_{N_{po_2}} - h_{G_1} - f_{V_{ha}};$$

3) eine einfache, praktisch gute und im allgemeinen auch wohl hinreichend genaue Mittelstammbestimmung wird mittels eines Annäherungsverfahrens von folgender — abgesehen von dem mittleren Durchmesser — nur arithmetische Mittel umfassender Mittelkombination:

(D) $$v_{N_1} - g_{N_1} - d_{N_{po_2}} - h_{G_1} - f_{G_1}$$

durchzuführen sein.

Fig. 1

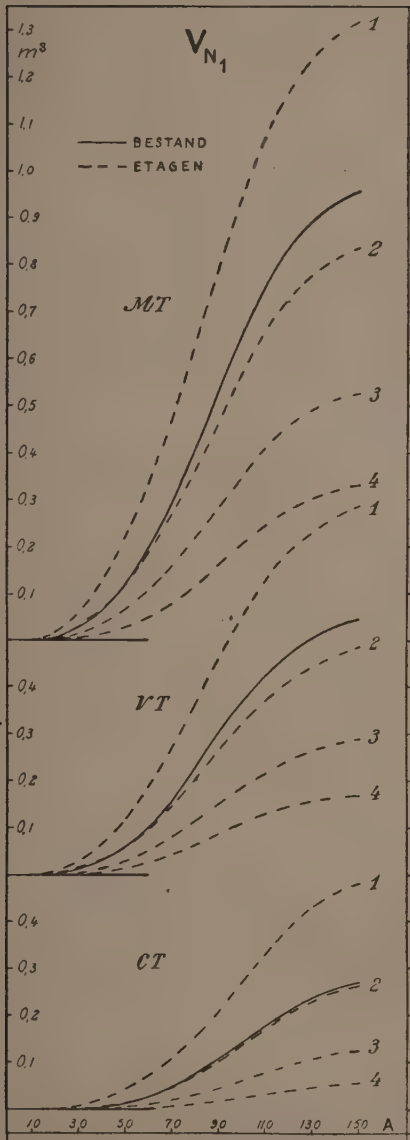


Fig. 3

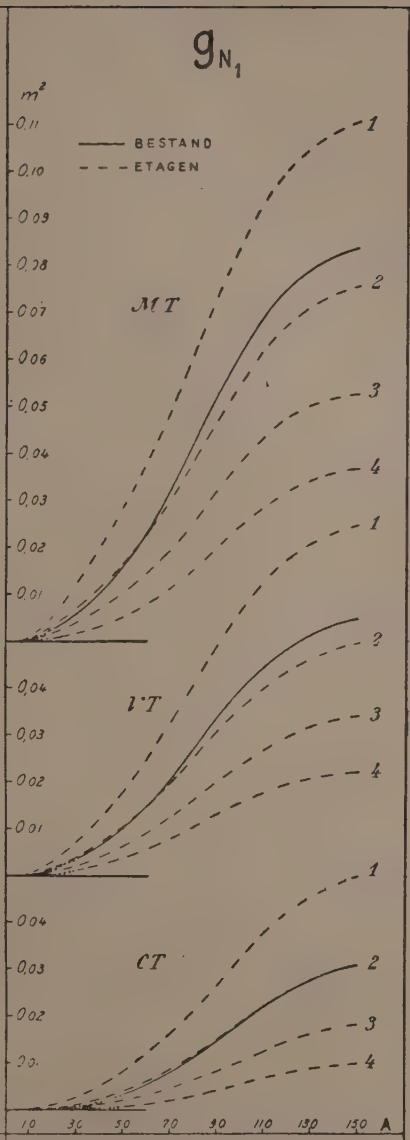


Fig. 2

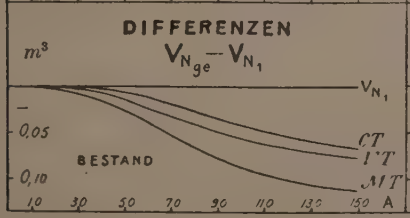


Fig. 4

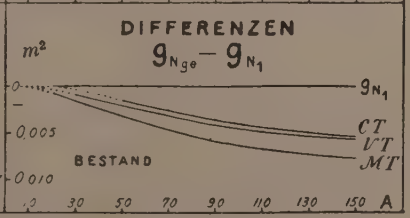


Fig. 5

Fig. 6

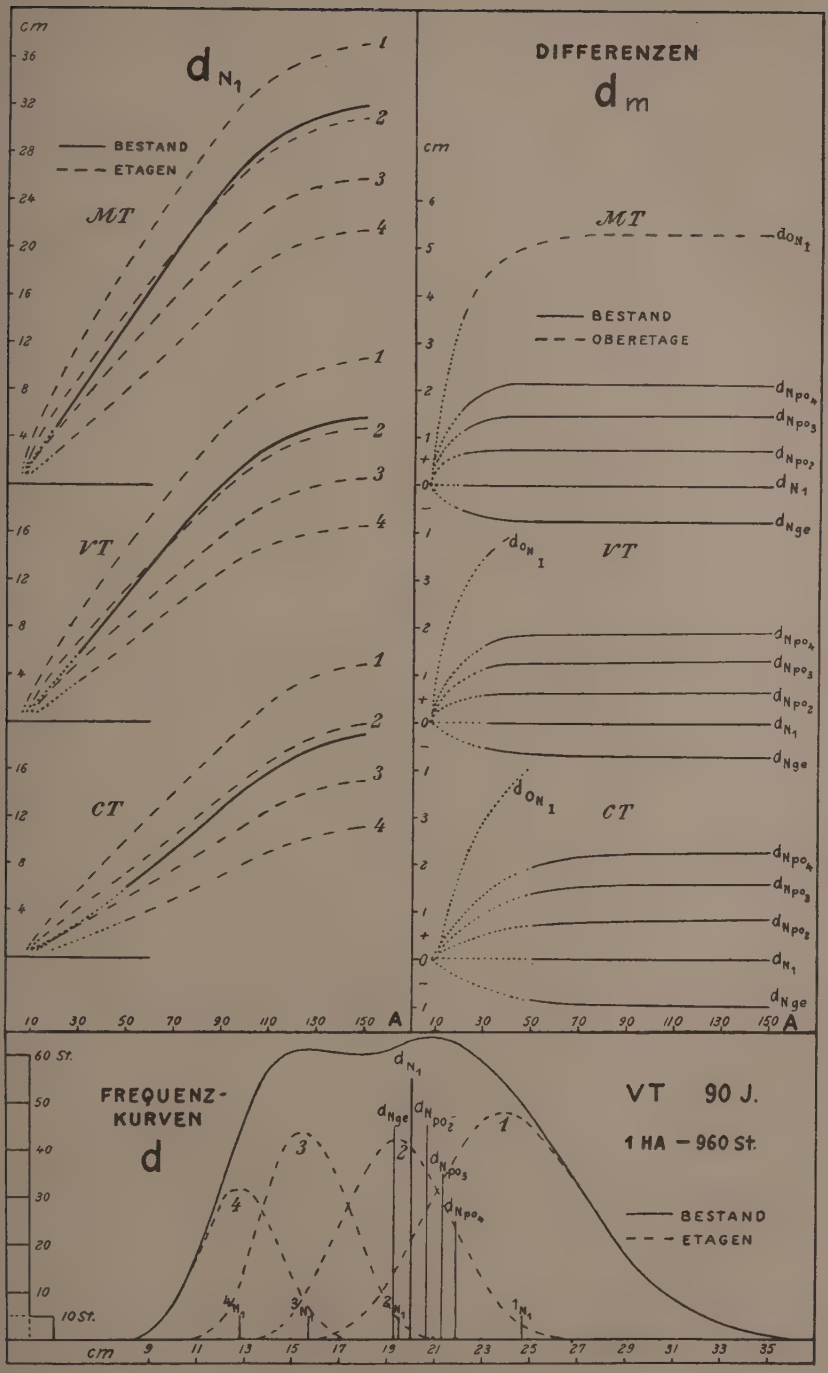


Fig. 7

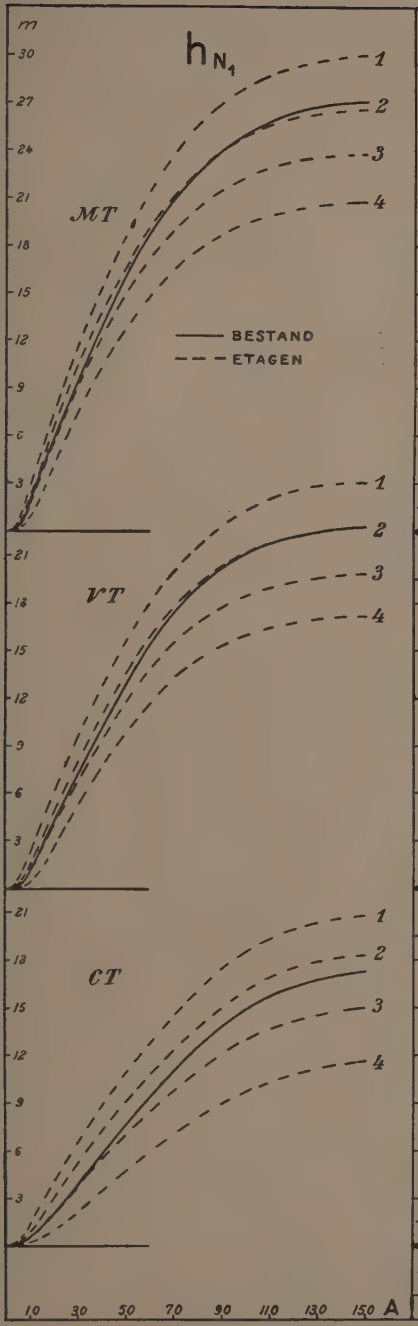

m
h_{N_1}
MT
VT
CT
BESTAND
ETAGEN
1
2
3
4
1,0 3,0 5,0 7,0 9,0 11,0 13,0 15,0 A

Fig. 8

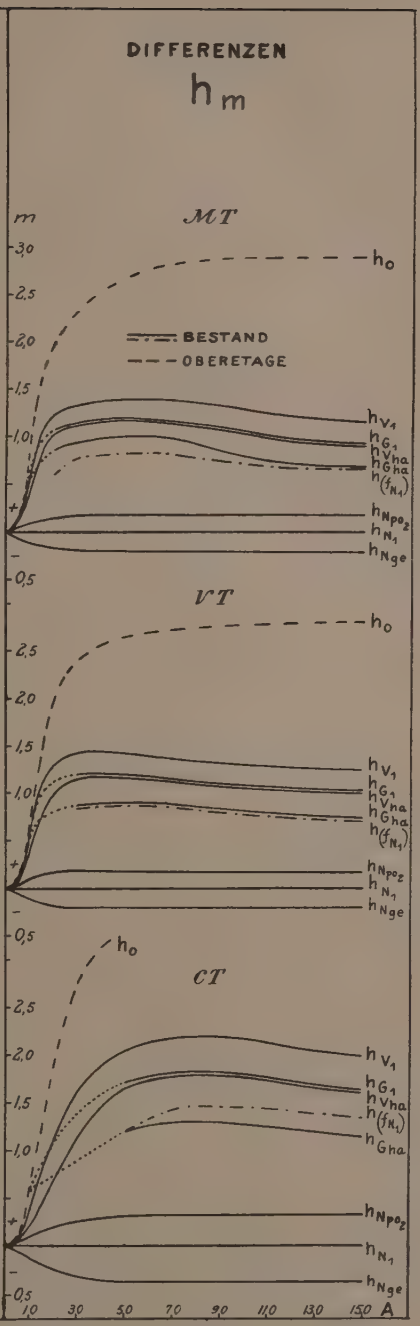

DIFFERENZEN
h_m
MT
VT
CT
m
h_o
BESTAND
OBERETAGE
h_{V_1}
h_{G_1}
$h_{V_{ha}}$
$h_{G_{ha}}$
$h_{(f_{N_1})}$
$h_{N_{po_2}}$
h_{N_1}
$h_{N_{ge}}$
1,0 3,0 5,0 7,0 9,0 11,0 13,0 15,0 A

Fig. 9

Fig. 12

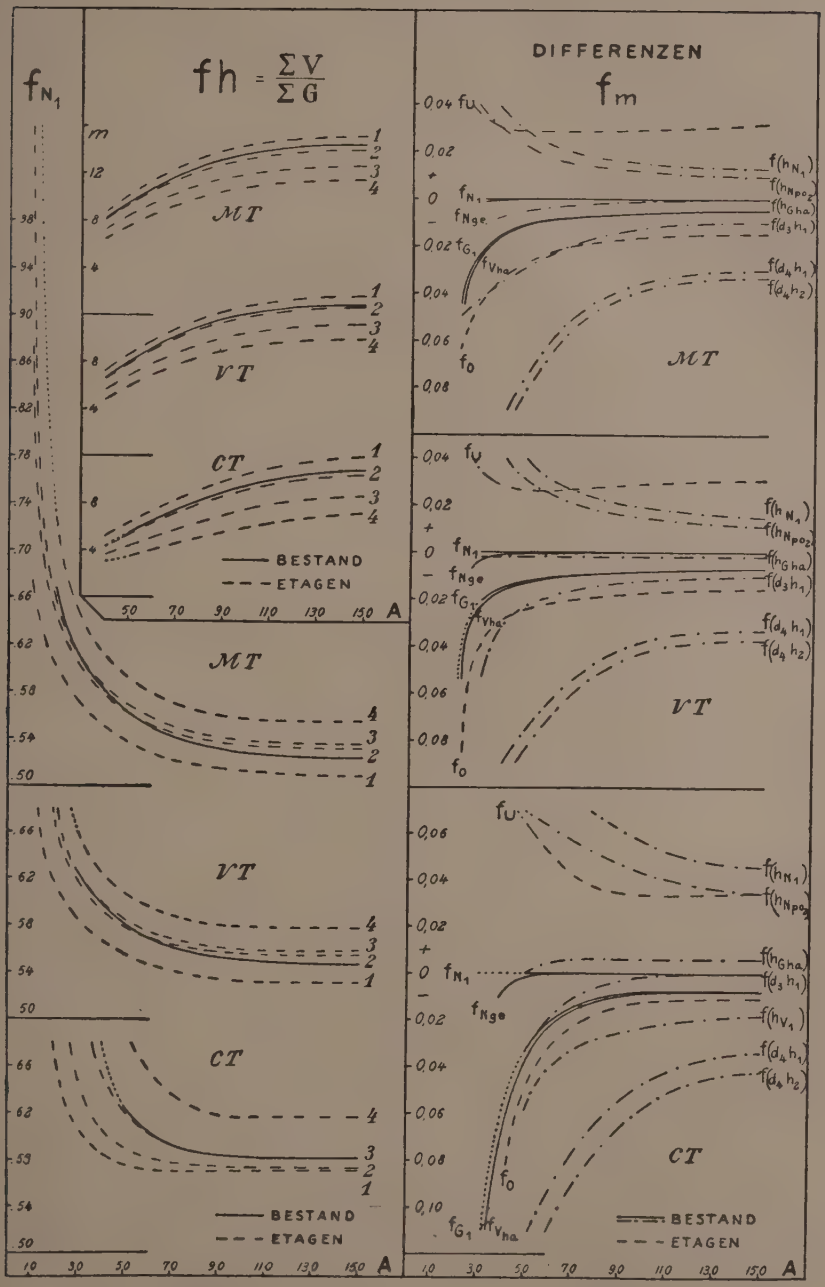


Fig. 10

Fig. 11

BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE STRUKTUR DES BODENFROSTES

P. KOKKONEN

HELSINKI 1926

HELSINKI 1926
SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINON OSAKEYHTIÖ

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 5

I. Struktur des Bodenfrostes 12

1. Material 12

2. Struktur des Bodenfrostes 25

A. Eisfilamente oder Kammeis (»rouste») 26

B. Bodenfrost 27

a) hohlräumiger Bodenfrost 28

b) massiver Bodenfrost 29

c) geschichteter Bodenfrost 30

II. Über die auf die Struktur des Bodenfrostes einwirkenden Faktoren 35

1) Der Wassergehalt 35

2) Die Bodenstruktur 54

Einleitung.

Die Veränderungen in der Bodentemperatur und die darauf beruhenden Abweichungen von dem gewöhnlichen Zustand des Bodens sind oft Gegenstand der Untersuchung gewesen. Speziell ersterwähnte wurden von mehreren Forschern behandelt. Von unseren einheimischen Forschern seien hier Homén[1] und Keränen[2] genannt, von denen jener die Veränderungen der Bodentemperatur in Mustiala und in verschiedenen Gegenden von Karjalohja, dieser in Sodankylä mit Hilfe von Thermoelementen untersuchte. Die beiden erwähnten Forscher kamen zu beachtenswerten Ergebnissen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Auch zahlreiche ausländische Gelehrte haben die Wärmeleitung im Boden untersucht[3].

Es liegen bisher noch wenig direkte Bodenfrostuntersuchungen vor. Keränen[4] hat die Dicke des Bodenfrostes und dessen physikalischen Charakter untersucht und interessante Wahrnehmungen über mehrere Schichten des Bodenfrostes in Finnland veröffentlicht. Simola[5] liefert

[1] Homén, Theodor, Om nattfroster. Helsingfors 1893.

[2] Keränen, J., Über die Temperatur des Bodens und der Schneedecke in Sodankylä nach Beobachtungen mit Thermoelementen. Ann. Acad. Scient. Fennicae. Serie A. Tom XIII N:o 7.

Keränen, J., Beiträge zur Kenntnis des Frostes im Erdboden. Ann. Acad. Scient. Fennicae. Serie A. Tom XX N:o 6.

[3] Vgl. Keränen, J., ebenda.

[4] Keränen, J., Über den Bodenfrost in Finnland. Mitteilungen d. Metereol. Zentralanstalt des finnischen Staates N:o 12. 1923.

[5] Simola, E., Huomioita viljellyn hieta-, savi- ja mutamaan kirren sulamisesta Maanviljelys-taloudellisella Koelaitoksella vuosina 1922 ja 1923. Suomen Maanviljelys taloudellinen Koelaitos. Tieteellisiä Julk. N:o 21. 1923.

Zahlen über die Dicke des Bodenfrostes und behandelt dessen Auftauen auf oder in kultiviertem Boden. In der Literatur begegnet man hier und da Angaben über die Einwirkung des Bodenfrostes auf den Erdboden. Als geologischer Faktor wurde der Bodenfrost von HÖGBOM [1], HAMBERG [2], HELLAAKOSKI [3], SAPPER [4] u. a. behandelt.

Agrikulturphysiker und -chemiker wie WOLLNY [5], EHRENBERG [6], MITSCHERLICH [7], JOHANSSON [8] u. a. haben den Bodenfrost speziell mit Hinsicht auf seinen Einfluss auf die Bodenkolloide untersucht.

Untersuchungen, welche die eigentliche Struktur des Bodenfrostes zum Gegenstand haben, gibt es nur wenige. Jedoch ist dem Vorgang des Gefrierens der obersten Bodenschicht, der Entstehung und Struktur des sog. Kammeises schon lange Beachtung geschenkt worden. Schon um 1820 [9] wurde eine Erklärung für die Entstehung des sog. Kammeises gegeben. Über dieses entwickelten sich dann die mannigfaltigsten Theorien. Letzthin hat u. a. der Schwede HESSELMAN [10] die Entstehung des Kammeises auf Torfböden behandelt und die Ansicht ausgesprochen,

[1] HÖGBOM, B., Über die geol. Bedeutung d. Frostes. Bull. Geol. Inst. of Upsala Vol. 12. 1914.

[2] HAMBERG, A., Zur Kenntnis d. Vorgänge im Erdboden beim Gefrieren u. Auftauen sowie Bemerkungen über die erste Kristallisation d. Eises im Wasser. Stockholms geol. fören. förhandl. Bd. 37, H. 5. 1915.

[3] HELLAAKOSKI, A. R., Havaintoja jäätymisilmiöiden geomorfologisesta vaikutuksesta. Helsinki 1912.

[4] SAPPER, K., Erdfliessen und Strukturboden in polaren und subpolaren Gebieten. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde 4. 1914. S. 43—67.

[5] WOLLNY, E., Untersuchungen über den Einfluss des Frostes auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Forsch. a. d. Geb. der Agrikulturphysik Bd. XX. S. 439—468.

[6] Vgl. EHRENBERG, P., Die Bodenkolloide, III Aufl. Dresden und Leipzig 1922, S. 127—172.

[7] MITSCHERLICH, A., Ein Beitrag zur Erforschung der Einwirkung des Frostes auf die physikalischen Bodeneigenschaften. Fühling's Landwirtschaftliche Zeitung 1902.

[8] JOHANSSON, S., Die Festigkeit der Bodenarten bei verschiedenem Wassergehalt. Sveriges Geologiska Undersökning. Serie C. N:o 256.

[9] HERSCHEL, JOHN, Notice of a remarkable Deposition of Ice round the decaying Stones of Vegetables during Frost. London and Edinburgh. Philos. Magazine Bd. 2. 1833. S. 110. (Zitiert nach HAMBERG, vgl. oben.)

[10] HESSELMAN, HENRIK, Studier över skogsväxt á mossar. Skogsvårdsfören. tidskr. 1907. S. 37.

dass das Kammeis in kolloidreichen Böden immer derart entsteht, dass sich unter der obersten dünnen Bodenschicht eine Wasserschicht bildet, die gefriert und — da sich der kolloidreiche Boden infolge des Sinkens der Temperatur zusammenzieht — zwischen Eis und Erde aus den unteren Schichten neues Wasser heraufpresst, das ebenfalls im Boden gefriert.

Unterzeichneter hat im Zusammenhang mit einer Untersuchung der auf die Instandhaltung von Ablaufgräben einwirkenden Faktoren auch diejenigen Bodenfrostformen beschrieben, welche an den Rändern der Ablaufgräben vorkommen[1].

Nach der Art des Gefrierens des in der Erde befindlichen Wassers wurde der Bodenfrost in drei Gruppen eingeteilt:

1. Obereis,
2. Kammeis und
3. Bodenfrost.

Als Obereis wurden die Eisbildungen bezeichnet, welche über dem Erdboden entstanden sind.

Zum Kammeis wiederum wurden die unmittelbar in der obersten Bodenschicht entstandenen Eisbildungen gerechnet, in denen nur ganz wenig Bodenmaterial vorkommt.

Mit Bodenfrost wurde das Gefrieren der eigentlichen Erde oder richtiger das Gefrieren des in der Erdkruste befindlichen Wassers bezeichnet.

In vorliegender Untersuchung soll die Struktur des Kammeises und des Bodenfrostes oder m. a. W. die Art des Gefrierens des Wassers im Boden behandelt werden.

Der Bodenfrost als Naturphänomen ist unter den in Finnland herrschenden klimatologischen Verhältnissen schon deshalb einer Untersuchung wert, weil die Erde durchschnittlich in den südlichen Gegenden vier bis fünf, nördlicher sechs bis sieben Monate lang gefroren ist, und

[1] Kokkonen, P., Tutkimuksia viemärien kuntoon vaikuttavista seikoista (Studies of circumstances affecting the condition of drainage canals). Summary in English. Acta Forest. Fennica 27,3. 1924. S. 151.

besonders aus dem Grunde, weil der Bodenfrost allem Anschein nach in hohem Grade auf zahlreiche praktische Umstände, wie die Überwinterung der Wintersaat — des Roggens und Weizens —, die Winterfestigkeit des Grases und Klees, das Wachstum der Bäume im Pflanzenstadium, die Instandhaltung von (offenen und gedeckten) Gräben und Landstrassen von Einfluss ist. Da wir vorläufig über die Struktur des Bodenfrostes nur vereinzelte Beobachtungen haben und auch nicht wissen, ob dieselbe durch irgendwelche Massnahmen verändert werden kann, muss auf eine Untersuchung der obenangeführten Spezialfälle verzichtet werden. Vorliegende Untersuchung wird die Bodenfrostformen und deren Auftreten zum Gegenstand haben. Noch unabgeschlossen sind die Beobachtungen über die Mittel, mit deren Hilfe sich das Auftreten der Bodenfrostformen und deren Mächtigkeit verändern lassen dürfte, über den Einfluss des Bodenfrostes auf die Wintersaat, auf die Überwinterung von Gras und Klee und auf das Wachstum der Bäume.

Eine Untersuchung der Struktur des Bodenfrostes richtet sich naturgemäss auf unmittelbar der Natur entnommenes Material, m. a. W. müssen dabei die Bodenfrostproben direkt aus den Böden genommen werden, deren Bodenfroststruktur erforscht werden soll. In meiner obenerwähnten Untersuchung über die auf die Instandhaltung von Ablaufgräben einwirkenden Faktoren ist eine Beobachtung über die eigentümliche Schichtung des Bodenfrostes auf einem Acker in Mustiala im Sommer 1922[1] vorgeführt. Diese Beobachtung zeigte, dass für die Aufhellung der Bodenfroststruktur eine Untersuchung von Querschnitten möglichst zahlreicher Stellen erforderlich ist. Aus diesem Grunde wurden beim Einsammeln des Materials zahlreiche senkrechte Schnitte in verschiedenen Bodenarten gemacht. Indessen war der Winter 1924—1925 ganz besonders ungünstig für Bodenfrostuntersuchungen. Die damals herrschende warme Witterung hatte zur Folge, dass wegen des Auf-

[1] KOKKONEN, P., ebd., S. 149.

tauens des Bodenfrostes bei weitem nicht so viele eigentliche Messungen vorgenommen werden konnten, als anfangs beabsichtigt war.

Dagegen war der Winter 1925—1926 einer derartigen Untersuchung überaus günstig, wennschon die strenge Kälte, —20° bis —30° C, bei den Messungen hinderlich war.

Die im gefrorenen Boden in senkrechter Richtung ausgeführten Schnitte wurden photographiert und die Art des gefrorenen Wassers näher beschrieben, zugleich wurden Proben zur Bestimmung des Wassergehalts entnommen.

Zu diesem Zweck wurde ein mehr oder weniger grosses Stück gefrorenen Bodens von der Erde abgelöst und zur Behandlung an einen geeigneten Ort gebracht. Um befriedigende und sichere Ergebnisse zu erhalten, musste die Temperatur während der Behandlung mindestens —4° bis —5° C betragen, anderenfalls begann das Probestück aufzutauen, so dass die ursprüngliche Form des Bodenfrostes verloren ging.

Als Werkzeug dienten Axt und Messer, mit denen die zu untersuchende gefrorene Fläche geglättet wurde, sowie eine Säge, mit welcher senkrechte, im Querschnitt viereckige Prismen abgelöst wurden. Diese Prismen wurden in passende Stücke zersägt, die dann näher untersucht wurden. Bei gewissen Bodenarten, insbesondere bei Mo- und Sandböden, wurden die Werkzeuge sehr rasch stumpf, so dass das Schleifen derselben verhältnismässig viel Zeit in Anspruch nahm. Dagegen stumpften die Werkzeuge bei Ton- und Torfböden nicht sonderlich ab. Die Wägungen im Freien wurden mit einer Apothekerwage ausgeführt.

Folgende Tabelle gibt das während der Untersuchung herrschende Wetter an.

Beobachtungsort	Zeit	Temperatur Maxim.	Minim.
Iisalmi	20.—27. XII. 24	+4	—6
Halikko	2. I. 25		+2
Iisalmi	12.—17. I. 25	+4	—6
Halikko	26.—27. I. 25	+3	—2
Käpylä	28. I. 25		—4
»	29. II. 25		—4
Tammisto	8. II. 25		—4
Mustiala	14. III. 25	+2	—2
Tuusula	23. III. 25	+3	—1
Anjala	9. X. 25	+3	—3
Paimio	30. X. 25		—3
»	12. XI. 25		—1
»	30. XI. 25	—12	—14
»	1. XII. 25	—22	—30
Sysmä	2. I. 26	—10	—14
Iisalmi	6.—9. I. 26	—19	—28

Um einen möglichst genauen Einblick in die Bodenfrostformen zu gewinnen, wurden an folgenden Bodenarten Untersuchungen vorgenommen: an Sand-, Mo-, Feinmo- und Tonböden[1].

Bei Sandböden wurde die Aufmerksamkeit besonders auf die Struktur des Bodenfrostes gerichtet; eine eingehendere Untersuchung des Bodenfrostes, wie z. B. die des Einflusses der Wassermenge auf die Struktur, verblieb infolge der ungünstigen Witterung durchaus unvollständig. Insbesondere wurden die im Sand auftretenden Eisfilamente oder das Kammeis studiert.

Bei Moböden wurden Beobachtungen zur Klarlegung der Bodenfrostformen und der auf den Bodenfrost einwirkenden Faktoren ange-

[1] Vgl. FROSTERUS, BENJ., Die Klassifikation der Böden und Bodenarten Finnlands. Agrogeol. Julkaisuja N:o 18. 1924.

stellt. Die im Laufe des Winters 1924—25 gemachten Untersuchungen wurden im darauffolgenden Winter ergänzt.

An Feinmo- und Tonböden wurden die vollständigsten Untersuchungen zur Erforschung der Bodenfrostformen und der auf den Bodenfrost einwirkenden Faktoren ausgeführt. Die den Feinmoboden betreffenden Untersuchungen wurden im Winter 1924—1925 vorgenommen und ergänzende Kontrollbeobachtungen im Winter 1925—26 ausgeführt. Dagegen wurden im Winter 1924—25 an Tonboden vorbereitende Bodenfrostbeobachtungen gemacht, und im Winter 1925—26 wurde das erstmalige Gefrieren des Tons näher untersucht.

Untersuchungen über die Mo- und Feinmo- sowie Torfböden wurden in Iisalmi, im Dorfe Partala auf dem Gelände des Hofes Nurmela und teilweise auch auf Äckern von andern benachbarten Gütern ausgeführt. Sandbodenbeobachtungen wurden in Käpylä, einem Vorort von Helsinki, und auf dem der forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt in Tuusula gehörigen Versuchsgebiet Ruotsinkylä angestellt. Die Gefrierbeobachtungen an Tonboden wurden in Halikko gesammelt, wo die gerade damals erfolgten Erdrutsche eine vorzügliche Gelegenheit boten, das erstmalige Gefrieren des Tons zu untersuchen, und in den Tongräben der Ziegelei von Paimio, sowie auf den Äckern von Mustiala, auf welch letzteren speziell die in der aufgepflügten Mullerde gebildeten Bodenfrostformen verfolgt wurden.

Die auf Torfböden auftretenden Bodenfrostformen wurden hier noch nicht behandelt, weil das Material dazu vorläufig noch unzureichend ist. Es fanden nur einige Notizen über die Wassermenge im gefrorenen Torfboden Aufnahme.

I. Struktur des Bodenfrostes.

1. Material.

Für die Aufhellung des Gefrierens und der Struktur des Eises wurden in verschiedenen Gegenden und an verschiedenen Bodenarten Beobachtungen angestellt. Im folgenden werden die wichtigsten dieser Beobachtungen mitgeteilt.

1) Die Beobachtungen in Käpylä. Sandgrube. Der Boden war (recht grober) Sand, in welchem sowohl in bezug auf Färbung als auf Korngrösse verschiedene Schichten vorkamen. In den Wänden der Sandgrube waren starke, 13—14 cm hohe Kammeisschichten entstanden (Abb. 20—24)[1]. In dem die ganze Wand bedeckenden Kammeise liessen sich mannigfache Schichten wahrnehmen, die zu verschiedenen Zeiten entstanden waren. Um Klarheit über die Entstehung des Kammeises zu gewinnen, wurde ein Teil des Sandabhanges entblösst und dem Einfluss des Frostes ausgesetzt. Schon nach Verlauf einer halben Stunde zeigte es sich, dass die Eisnadelbildung begonnen hatte. Hierbei fiel es auf, dass gewisse Nadeln sich viel schneller bildeten als andere. Nach einiger Zeit hörte die Nadelbildung auf und hatte es den Anschein, als verbliebe die Erdoberfläche nun unverändert, doch wurde bei aufmerksamen Verfolgen der Entwicklung eine Erhebung der Bodenfläche als solcher konstatiert. Dies beruhte darauf, dass überall auf der Erdoberfläche sich Nadeln gebildet hatten, welche jetzt mehr oder weniger fest aneinander sassen, wohingegen sie anfangs völlig voneinander geschieden waren. Die so gebildete Eisnadelschicht war von der Unterlage losgelöst, nur eine ganz dünne, 0.5—1 mm starke Erdschicht fasste oben die Nadeln ein. Nach Verlauf einer Nacht betrug die Dicke des Kammeises bereits 5 cm (Abb. 25). Dagegen war die Dicke des alten Kammeises durchschnittlich 13.5 cm. In das Innere der Eisnadeln war bei der Eisbildung verhältnismässig viel festes Erdmaterial eingedrungen, dessen Menge nach einigen Analysen ca. 2—6 % (Gewicht) betrug (vgl. Abb. 23 ja 25).

2. Die Beobachtungen in Anjala. Roggenacker. Mullboden von schwarzer Farbe, Humus ca. 55 %. Das Kammeis hatte sich

[1] Die Abb. 18— befinden sich am Schluss der Arbeit.

über den ganzen Acker gebildet. Seine Dicke betrug 6.5 cm. Von der Oberfläche aus war es kaum bemerkbar. Die Struktur des Kammeises war in diesem Fall genau dieselbe wie im vorigen, nur mit dem Unterschied, dass hier die Eisnadeln, also die gesamte Eisschicht, im allgemeinen reiner waren, nur in ganz vereinzelten Fällen war ein Erdpartikelchen mit den Nadeln in die Höhe gestiegen. Die in der Oberfläche wurzelnde Roggensaat hatte sich zusammen mit dem Kammeis gehoben. Auf demselben Acker gab es jedoch Stellen, an denen sich kein Kammeis gebildet hatte. Es war dies Untergrund, welcher makroskopisch aus Feinmo- und Mo-Ton bestand. Hier waren keine Kammeisbildungen entstanden, sondern der Boden war unter dem Einfluss des Bodenfrostes ohne irgendwelche Eisbildung an der Oberfläche hart geworden. Das Verhältnis dieser Bodenart zum Kammeis bleibt einer späteren Untersuchung vorbehalten.

3. Die Beobachtungen in Tuusula, auf dem Versuchsgebiet Ruotsinkylä.

Profil 1. Sandboden von brauner Farbe. Grundwasser in einer Tiefe von etwa 0.6 m. Durch den gefrorenen Boden wurde ein Querschnitt in senkrechter Richtung gemacht, welcher untersucht und photographiert wurde. Am Querschnitt zeigte sich, dass sich im oberen Teil an der Erdoberfläche eine ca. 5—6 cm dicke Eisschicht gebildet hatte (Abb. 26). In dem darunter befindlichen Boden war das Wasser an die Erde angefroren, an letzterer waren keine besonderen Eisschichten zu bemerken, sondern der Bodenfrost war gleichförmig, massiv. In einer Tiefe von etwa 10 cm stiess man auf dünne, etwa 0.5—2 mm starke Eisschichten. Derart gefrorener Boden kam bis in etwa 13 cm Tiefe vor, wo ziemlich dicke Eisschichten auftraten (5—10 mm). Diese dicken Schichten reichten dann bis an den unteren Rand des gefrorenen Bodens (vgl. Abb. 26). Die Richtung der Eisschichten war, wie schon weiter oben erwähnt wurde, wagrecht. Jedoch verliefen sie nicht ganz regelmässig, sondern schlängelten sich allem Anschein nach infolge der Verteilung des Bodenmateriales.

Ein solcher Bodenfrost wird geschichteter Bodenfrost genannt.

Profil 2. Boden wie im vorigen. Im Profil befinden sich unmittelbar unter der Erdoberfläche recht starke Eisschichten, die nicht besonders scharf geschieden waren, da sie voll von Erdpartikelanhäufungen waren (Abb. 27). Die Dicke dieser obersten Eisschichten betrug ca. 8 cm; darunter befand sich recht feste Erde, die jedoch verhältnismässig

zahlreiche feinere und unregelmässigere Schichten einschloss. Ungefähr 14 cm tief unter der Oberfläche war eine ausserordentlich starke Eisschicht (ca. 3 cm), in der nur ganz vereinzelte Erdpartikelchen zu finden waren (vgl. Abb. 27). Diese Eisschichtung bricht sich nicht ebensowenig wie die kleineren Eisschichten ab, trotzdem der Boden an der Stelle des Schnittes aus Sanderde in Torfboden überging, wie dies aus Abb. 27 ersichtlich ist. Unter dieser dicken Eisschicht lag dann nur noch eine dünne gefrorene Erdschicht.

Der Bodenfrost war deutlich geschichtet.

Profil 3. Sandboden. Im Querschnitt (Abb. 28) befand sich an der Erdoberfläche eine recht dicke Eisschicht, unter der darunterliegenden Erde zuerst verhältnismässig dünne Eisschichten und erst tiefer, etwa 15 cm unter der Oberfläche, eine ziemlich dicke Eisschicht. Im übrigen waren die Eisablagerungen im Querschnitt den vorigen ähnlich.

Profil 4. Sandboden. Die Formen gewunden, wellenartig, im ganzen jedoch wagrecht verlaufend (Abb. 29). Deutliche Schichtung.

4. Die Beobachtungen in Iisalmi im Winter 1924—25.

Profil 1. Ackerland. Moboden. Folgende Analyse gibt eine Vorstellung von der mechanischen Zusammensetzung des Bodens[1]:

Korngrösse	% in den Proben		
2—0.2 mm	1.0	—	1.3
0.2—0.02 »	82.2	78.8	77.3
0.02—0.002 »	14.4	18.7	19.1
<0.002	2.4	2.5	2.3

Von diesem Boden wurden mehrere Querschnitte gemacht. Die Dicke des gefrorenen Bodens war im allgemeinen 36 cm. Von der Erdoberfläche ausgehend stiess man in ca. 6 cm Tiefe auf eine etwa 8 mm dicke wagrechte, in 9 cm Tiefe auf eine zweite, wiewohl etwas undeutliche und in einer Tiefe von 18 cm auf eine ausserordentlich deutliche, etwa 2—3 mm dicke Eisschicht. In 26 cm Tiefe fanden sich 2 aufeinanderfolgende Eisschichten, deren Dicke durchschnittlich 2—4 mm betrug (vgl. die untereinander stehenden Abb. 30—32). Die Zwischenräume zwischen diesen Eisschichten waren überall ziemlich gleichartig, jedoch waren die der Erdfläche näher gelegenen Teile weniger gleichmässig als die unteren. Abb. 32 (ebenso wie Abb. 1) zeigt, wie die Struktur zwi-

[1] Nach der Pipettierungsmethode von KRAUSS-ROBINSON.

schen den Eisschichten beschaffen war. Zwischen den Eisschichten sieht man kleine, einige Millimeter lange und ein Zehntelmillimeter hohe Eisablagerungen, deren Richtung deutlich wagrecht ist. Desgleichen ist aus Abb. 1 und 2 die Struktur der dickeren Eisschichten ersichtlich. Die mittelste Eisschicht ist isoliert, ohne Begleitschichten (Abb. 31). Dagegen befindet sich oberhalb der eigentlichen dicken Eisschicht eine dünne Eisschicht als Begleitschicht. In anderen Querschnitten werden Eisschichten angetroffen, deren Form aus Abb. 1 und 2 erhellt. Zu beiden Seiten der Hauptschicht befinden sich eine oder mehrere Begleitschichten, deren Dicke — ebenso wie die der Hauptschicht — stark variiert. Die wagrechte Richtung wird nicht beeinträchtigt, selbst wenn sich die Bodenart etwas verändert. In Abb. 2 ist ein Teil dunkler, sehr feiner Erde durch eine punktierte Linie von der umliegenden braunen Erde getrennt. Die Struktur der Schicht im dunklen Boden ist genau dieselbe. Ausserdem zeigen sich noch recht grobe Sandanhäufungen, welche allem Anschein nach mit angefahrenem Sand hierher geraten waren, dā hier im Winter der Weg zu einem Bauplatz ganz nahe an dem Untersuchungsort vorüberführte. In diesen Sandanhäufungen ist die Richtung der Eisschichten nicht verändert; nur die Struktur derselben hat sich unbedeutend gewandelt, und zwar gleicht sie den in Abb. 29 früher dargestellten Schichten.

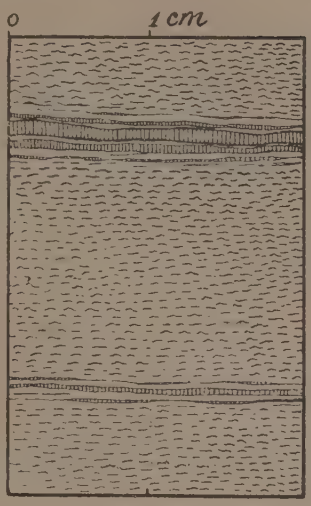


Abb. 1[1].

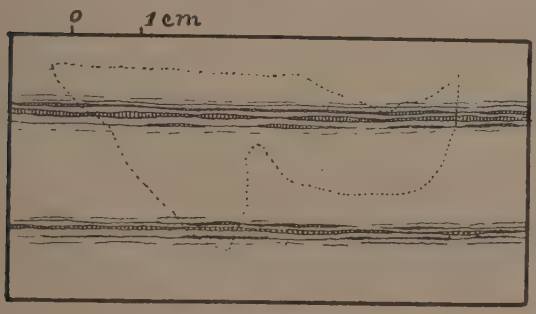


Abb. 2.

[1] In sämtlichen Figuren gibt die Schraffierung mit senkrechten Linien Eisschichten an.

Einen derartigen, zwischen den Eisschichten vorkommenden gefrorenen Boden kann man auch massiven Bodenfrost nennen, da seine Struktur durchweg gleichförmig ist.

Profil 3. Grasacker. Bodenart Feinmo, dessen mechanische Zusammensetzung aus folgenden Analysen hervorgeht:

Korngrösse	In den Proben	
mm	1	2
2—0.2	4.7 %	— %
0.2—0.02	55.1 »	59.7 »
0.02—0.002	35.2 »	37.7 »
<0.002	5.0 »	2.6 »

Dicke des gefrorenen Bodens 14 cm. In den senkrechten Querschnitten (Abb. 33 und 34) lassen sich mehr oder weniger wagrechte, graue, fast schwarze und weisse Schichten unterscheiden. Die schwarzen und weissen sind Eisschichten, die grauen gefrorene Erde. Etwa 5 cm unter der Erdoberfläche sind die Eisschichten dünn, die darauf folgenden 5—9 cm tief liegenden Eisschichten sind ausserordentlich dick, und in diesem Teil trifft man stets deutlich ausgebildete Eisnadeln, welche senkrecht stehen. Im unteren Teil des gefrorenen Bodens (9—14 cm) waren die Eisschichten sehr dünn. Die grauen Erdschichten liessen keinerlei Eisbildungen erkennen, sondern bestanden aus gleichmässig gefrorener Erde.

Profil 3. Boden von derselben Art wie im vorigen. Dicke des gefrorenen Bodens 14 cm. Im Querschnitt (Abb. 35) lassen sich ganz deutlich dunkle und helle Eisschichten unterscheiden. Etwa 4 cm unter der Erdoberfläche befindet sich eine sehr dicke Eisschicht und 3 cm tiefer eine zweite, dicke Eisschicht. Im Durchschnitt betrug die Dicke dieser beiden Eisschichten 15—20 mm. In der Erde zwischen ihnen konnte man mit blossem Auge keinerlei besondere Eisformen entdecken, so dass sie wie feste Erde aussah.

Die Eisschichten sind im Feinmoboden im allgemeinen ungemein deutlich und rein (vgl. Abb. 33—36). Die genauere Struktur der Eisschichten erhellt aus Abb. 3. Wie man daraus ersieht, sind die Eisschichten ganz unregelmässig, obgleich ihre Richtung im grossen und ganzen wagrecht ist. Die Dicke der Schichten variiert im allgemeinen beträchtlich; es kommen 0.1 mm dicke neben 20 mm dicken Schichten vor. In diesen Fällen lag also geschichteter Bodenfrost vor.

Abb. 3.

Profil 4. Bodenart die gleiche wie im vorigen Profil. Abb. 37 zeigt einen senkrechten Schnitt durch den Boden. Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, bietet der Bodenfrost nichts Regelmässiges dar, sondern ist er durchweg unhomogen. Die Erde war in diesem Falle mit kleinen Hohlräumen durchsetzt. Das Wasser war denn auch hauptsächlich an den Wandungen der Hohlräume gefroren. Das so entstandene Eis war keineswegs homogen. Man fand dichtes Eis, verschieden grosse stabförmige Eisstückchen, an Schneeflocken erinnernde Eisnadeln, welche infolge der lauen Witterung sehr leicht schmolzen. Die Dicke des dichten Eises wechselte stark. Stellenweise gab es 0.1 mm, anderswo 6 mm dicke Eisschichten. Die Wassergehaltsbestimmungen bei diesem Bodenfrost waren mit grossen Schwierigkeiten verbunden, denn die Struktur des gefrorenen Bodens war dermassen zart, dass er bei der leisesten Berührung zerbrach. Trotzdem gelang es, einige Feuchtigkeitsbestimmungen auszuführen.

Einen derartigen Bodenfrost könnte man hohlräumigen Bodenfrost nennen.

5. Die Beobachtungen in Iisalmi im Winter 1925—26.

Profil 5. Der gleiche Boden wie in Profil 2. Dicke des Bodenfrostes 28 cm. Der Boden ist deutlich in Schichten gefroren, wenn auch die Stärke der Eisschichten viel geringer als im vorhergehenden Winter ist. Dies dürfte auf dem trockenen Herbst beruhen, es hatte nämlich im Herbst vor dem Gefrieren des Bodens kaum geregnet. — Der Einfluss der Herbstniederschläge auf die Bildung des Bodenfrostes ist noch nicht näher untersucht.

Profil 6. Der gleiche Boden wie in Profil 2. Roggensaat. Dicke des Bodenfrostes 46 cm. Der Bodenfrost hohlräumig bis in eine Tiefe von 24 cm, worauf geschichteter Bodenfrost folgt (vgl. Abb. 53). Zuerst

sind die Schichten dünn, aber in 37 cm Tiefe beginnen Eisschichten, deren Stärke 25—30 mm betragen kann (vgl. Abb. 52). Das Eis hat in diesen Schichten senkrechte Nadelstruktur, die zuweilen sehr porös und derjenigen des Kammeises ganz ähnlich ist. Unterhalb dieser dicken Eisschichten gibt es dichten, massiven Bodenfrost 1.0×2.5 cm.

Profil 7. Der Boden wie in Profil 1. Dicke des Bodenfrostes 47 cm. Dichter, massiver Bodenfrost, in welchem sich bei mikroskopischer Untersuchung ganz kurze und dünne, wagrechte Eisbildungen wahrnehmen lassen, die so winzig sind, dass sie auf der Photographie nicht zum Vorschein kommen.

6. Die Beobachtungen in Halikko. Steifer Tonboden. Am Ufer des Halikko-Flusses fand im Dezember des Jahres 1924 ein Erdrutsch statt, wobei verhältnismässig — etwa 8 m — tiefliegende Tonablagerungen entblösst wurden, von denen man mit einigermassen grosser Sicherheit behaupten dürfte, dass sie vordem nie gefroren gewesen waren. Es war daher ausserordentlich interessant, die Fläche dieser Tonschichten nach dem ersten Gefrieren zu untersuchen. Allerdings eignete sich, wie schon früher hervorgehoben wurde, der Winter 1924—25 zu derartigen Untersuchungen nur sehr wenig, was zur Folge hatte, dass sich auch die Beobachtungen in Halikko wegen der warmen Witterung nur schwer ausführen liessen und aus diesem Grunde nicht mit der gewünschten Gründlichkeit gemacht werden konnten.

Profil 1. Abb. 38 stellt einen senkrechten Schnitt der Gleitfläche des Erdrutsches etwa 2 Wochen, nachdem letzterer stattgefunden hatte, dar. Man sieht auf der Fläche etwa 2—4 cm stark zerbröckelte Erde, welche durch Gefrieren und Auftauen des Bodens entstanden ist, was wiederum auf der lauen Witterung beruhte (vgl. auch Abb. 39). Diese Oberflächenschicht bestand vorzugsweise aus kubischen Körnern mit reichlich dazwischengelagertem Eis. Auf dem Schnitt sehen die Bildungen maschenförmig aus. Tiefer im Schnitt befinden sich mehr oder weniger wagrecht verlaufende Eisschichten. Diese sind jedoch nicht ganz regelmässig, sondern können sich sowohl nach oben als nach unten schlängeln (vgl. Abb. 40 und 41). Im allgemeinen erscheinen die Eisschichten nahe der Erdoberfläche dicker als die tiefer gelegenen. Besonders verdient der Umstand Beachtung, dass das Erdmaterial zwischen den Eisschichten noch im Januar ungefroren war.

Im ganzen wurden am Erdrutsch von Halikko etwa 15 Schnitte gemacht, welche dem obenbeschriebenen gleich waren (vgl. Abb. 39, 41).

In diesen Profilen ging das Gefrieren in ungefähr gleicher Art vor

sich. An der Erdoberfläche war unter dem Einfluss des Gefrierens und Auftauens eine 2—4 cm starke, körnige Erdschicht entstanden, in der zwischen den Erdkörnern Eis eingelagert war. Unterhalb dieser Schicht begannen die eigentlichen Eisschichten, deren Richtung anfangs bis zu einem gewissen Grad von der Neigung der Erdoberfläche bestimmt wurde, tiefer unten jedoch verliefen sie überall mehr oder weniger wagrecht (vgl. Abb. 39—40).

Folgende Zahlen geben einen Begriff von der Dicke der Eisschichten sowie von dem mit Eis bedeckten Querschnittflächeninhalt [1].

Tabelle 1.

Profil Nr.	Entfernung der Proben von d. Erdoberfläche	Dicke des Bodenfrostes	Dicke	Anzahl	Querschnittflächeninhalt in % von d. Gesamtfläche
	cm	mm	der Eisschichten		
1	5	30	18.2	8	60.5
	8	30	11.9	7	39.7
	11	30	5.4	2	18.0
2	4	30	16.8	6	56.0
	7	30	16.0	5	53.3
	10	30	8.8	3	29.4
	13	30	4.7	2	15.7
3	6	20	10.2	4	51.0
	8	20	4.7	6	23.5
	10	20	4.0	1	20.0
	12	20	2.3	1	11.5
4	3	25	17.4	8	69.7
	7.5	25	14.7	7	58.6
	10	25	9.3	7	37.2
	12.5	25	5.1	5	20.4
	15	25	2.4	2	9.6

Wie aus den obenangeführten Zahlen ersichtlich ist, nimmt die Dicke der Eisschichten und deren Querschnittflächeninhalt mit zunehmender

[1] Nach den aus den Photographien berechneten Flächeninhalten.

Entfernung von der Erdoberfläche ab. Hieraus folgt, dass die Eisschichten bei zunehmender Eisbildung stärker werden und ihr Maximum erreichen, wenn das in den umliegenden Bodenmassen verbliebene Wasser gefriert.

In sämtlichen Proben aus Halikko trat der geschichtete Bodenfrost besonders deutlich zu Tage.

7. Die Beobachtungen aus Paimio. Da es in Halikko im Winter 1924—25 infolge des ungefrorenen Bodens nicht möglich gewesen war, den Wassergehalt des gefrorenen Bodens zu untersuchen, wurden im Winter 1925—26 zu diesem Zweck Beobachtungen in den Tongruben der Ziegelei von Paimio angestellt. Der in Paimio vorkommende Ton ist steif und ungefähr von derselben Art wie derjenige in Halikko. Folgende Zahlen geben die mechanische Zusammensetzung des Bodens[1] an:

Korngrösse	In den Proben	
mm	1	2
2—1	— %	— %
1—0.5	— »	0.4 »
0.5—0.25	— »	0.2 »
0.25—0.1	1.8 »	0.4 »
0.1—0.05	3.1 »	2.5 »
0.05—0.01	1.3 »	4.0 »
0.01—0.002	25.2 »	34.8 »
<0.002	68.6 »	57.0 »

Zwecks Untersuchung des Bodenfrostes wurde der Beobachtungsplatz im Sommer von den freiliegenden Tonstücken gesäubert und geglättet. Die derart entblösste Fläche lag 2.3 m tief unter der eigentlichen Erdoberfläche und befand sich etwa 100 m weit von einem kleinen, ziemlich tiefen Nebenflüsschen. Es darf angenommen werden, dass der Boden an dieser Stelle früher nie gefroren gewesen war, denn in der Erde konnte nicht die geringste Spaltenbildung in wagrechter Richtung bemerkt werden. Nur in senkrechter Richtung gab es einige Risse. Die Versuchsstelle wurde Anfang November gereinigt und frei von Schnee erhalten. Ende November war der Boden des Beobachtungsplatzes infolge der strengen Kälte dermassen gefroren, dass der Bodenfrost am 30. Novem-

[1] Diese Analysen sind in dem Staatl. Agrikulturchemischen Laboratorium (Leiter Dr. E. S. TOMULA) gemacht worden.

ber und 1. Dezember, wo die Untersuchungen daselbst ausgeführt wurden, etwa 22 cm betrug. Mit Axt und Brechstange wurde ein viereckiges Stück gefrorenen Bodens von etwa 0.5 m Seitenlänge abgelöst, dessen senkrechte Seite geglättet und gesäubert wurde, wobei der Querschnitt des Bodenfrostes zu Gesicht kam. Abb. 42—45 stellen den Querschnitt dar[1].

Man ersieht aus denselben, dass die Dicke der Eisschichten an der Erdoberfläche viel geringer als etwa 4 cm tiefer ist, wo sie ausserordentlich gross ist. Etwa wiederum 10 cm tiefer beginnt dünnerer geschichteter Bodenfrost. Die Gesamtstärke des Bodenfrostes beträgt 22 cm. Wie die Abbildung zeigt, haben sich an der Erdoberfläche keine solchen zerbröckelten Schichten gebildet, wie sie sich in den in Halikko gemachten Beobachtungen nachweisen liessen, sondern die Schichten sind von der Erdoberfläche an durchaus gleichartig. Dies beruht darauf, dass in diesem Jahr auf den Frost keine warme Witterung gefolgt war, die den Bodenfrost aufgetaut und den Boden zerbröckelt und körnig zerkleinert hätte.

Aus einer eingehenden Prüfung des Bodenfrostquerschnittes geht, wie aus Abb. 44 zu ersehen ist, hervor, dass beim Gefrieren des Bodens starke Kräfte entwickelt werden, die ihn zerbröckeln. Aus derselben Abbildung zeigt sich, dass die im gefrorenen Boden befindlichen Eispartikelanhäufungen die Bildung von Eisschichten nicht sonderlich beeinträchtigen, sondern dass sie ebenso wie andere Teile des Tons, obgleich in stärkeren Schichten zerbrechen. Im Querschnitt sind ebenfalls senkrechte Risse im Boden zu bemerken. Sie sind schon früher vorhanden gewesen oder aber infolge der Zusammenziehung des Tones entstanden.

Auch in diesem Falle handelt es sich um deutlich geschichteten Bodenfrost.

8. Die Beobachtungen in Mustiala. Dieselben wurden auf verschiedenen Äckern ausgeführt, die teils aus hartem Ton, teils aus Mo-Ton bestanden.

Profil 1. Roggensaat. Ein Erdrücken. Der Boden harte Tonerde. Dicke des Bodenfrostes 38 cm. — An der Bodenoberfläche befand sich eine 3 cm hohe Schicht recht massiven und gleichmässigen Bodenfrostes, in welcher sich keine Spur von Schichtung bemerken liess, also massiver Bodenfrost. Unter dieser Schicht begann der geschichtete Bodenfrost,

[1] Die in den Bildern hervortretenden senkrechten, teilweise weissen Striche rühren von der Axt her, mit welcher der gefrorene Boden geglättet wurde.

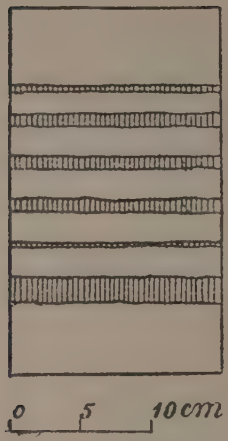


Abb. 4.

in welchem die Eisschichten verhältnismässig dünn waren (0.1—0.0 mm) und die Schichten selbst recht weit — etwa 2—8 cm — auseinander lagen. In der Längsrichtung waren die Eisschichten recht regellos gelappt. Doch verblieb ihre Richtung deutlich wagrecht.

Profil 2. Roggensaat. Der Ort eine kleine Senkung. Tonboden. Dicke des Bodenfrostes etwa 26 cm. Abb. 4 und 46 stellen den senkrechten Schnitt des Bodenfrostes dar. In diesem befand sich in einer Tiefe von 5.5 cm eine ziemlich starke Eisschicht, in 8 cm Tiefe eine zweite etwa 1.2 cm dicke, in 11 cm Tiefe eine dritte, in 14 cm Tiefe eine vierte, ebenfalls deutliche und etwa 1.5 cm dicke Eisschicht.

In 16.5 cm Tiefe begann eine dünne und schwache Eisschicht, in 20 cm Tiefe jedoch lag eine nicht weniger als 4 cm dicke, ausserordentlich deutliche Eisschicht.

Die Schichten verliefen im allgemeinen wagrecht, nur an der Stelle des hohlräumigen Bodenfrostes machte die mittelste Eisschicht eine Krümmung nach oben (vgl. Abb. 46). Zwischen diesen grossen Eisschichten gab es zahlreiche kleine, 0.1—2 mm dicke Schichten, deren Richtung im allgemeinen wagrecht, wenn auch viel weniger regelmässig als bei den obenerwähnten grossen Schichten war. Abb. 48 zeigt das Bild der untersten grossen Schicht mit den um diese herum gelagerten kleineren Schichten in natürlicher Grösse. (Von der Entwicklung der Photographien herrührende Schatten stören das Bild ein wenig.) Wie man aus dem Bilde ersieht, ist die grosse Eisschicht sehr kompliziert. Man sieht hier und da grosse Tonpartikel wie schwimmend in der grossen Eismasse. Die senkrechte Strichelung beruht auf dem Auftauen des Eises zu Nadeln. Aus demselben Grunde lässt sich auch in den kleineren Eisschichten eine senkrechte Strichelung bemerken. In Abb. 49 sieht man das Bild des obenerwähnten Hohlraumes. Die Dicke der an den Wandungen des Hohlraumes befindlichen Eisschichten ist sehr wechselnd. An manchen Stellen können sie 8 mm, an anderen nur 0.5 mm dick sein. Der Bodenfrost war teilweise hohlräumig, teilweise geschichtet, mit zwei Arten von Schichten: 1) unregelmässige und verhältnismässig kleine und 2) grosse fortlaufende, sich weiter erstreckende.

Profil 3. Roggenacker. Kleine Talsenkung. Tonboden. Dicke des

Bodenfrostes 25 cm. Im senkrechten Querschnitt war die Struktur des Bodenfrostes in ihren Hauptzügen die gleiche wie im vorigen Profil. (Abb. 5 stellt den senkrechten Schnitt des Bodenfrostes dar). Die oberste Eisschicht befand sich etwa 4 cm unterhalb der Erdoberfläche, und ihre Stärke wechselte von 2.0—6.0 mm. Die zweite Eisschicht war 7 cm von der Erdoberfläche gelegen und 0.5—3.0 mm dick. Dann folgten unter dieser 3 etwa 6—12 mm dicke Eisschichten, die erste in 11 cm, die zweite in 14 cm und die dritte in 17 cm Tiefe. Diese Schichten verliefen wagrecht. Die Ränder der Schichten waren nicht besonders scharf; sie konnten die mannigfaltigsten Windungen und Haken bilden (vgl. Abb. 6). Zwischen den Eisschichten befanden sich ebenso wie im vorigen Querschnitt zahlreiche dünnere Eisschichten.

Abb. 5.

Der Bodenfrost war in diesem Fall geschichtet.

Profil 4. Roggenacker. Neuland. Tonboden. Stärke des Bodenfrostes 38 cm. Beim Schnitt fand man etwa 3 cm unter der Erdoberfläche eine 2—6 mm dicke, wagrechte Eisschicht. Unterhalb dieser Schicht gab es keine dicke Eisschicht mehr, sondern nur ganz feine und geschlängelte Schichten, welche an den früher beschriebenen Schnitt erinnerten (vgl. Abb. 32).

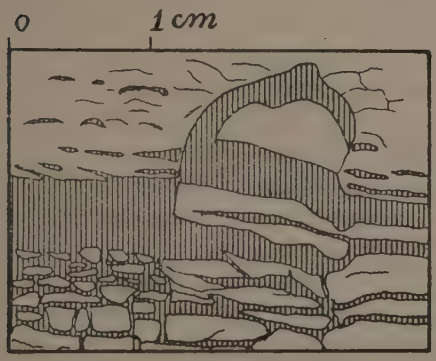


Abb. 6.

In diesem Schnitt fand man also geschichteten und massiven Bodenfrost.

Profil 5. Roggenacker. Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 30 cm. An der Erdoberfläche lag ein 3 cm starker, sehr dichter, massiver Bodenfrost, unter diesem eine sehr starke Eisschicht (vgl. Abb. 7). Die Entfernung der Eisschicht von der Erdoberfläche betrug also 3 cm, diejenige des untereren Randes 9.5, somit betrug die Dicke der Schicht etwa 6.5 cm. Im Innern der Eismasse wird man zahlreiche mehr oder minder grosse Erdklumpen gewahr, im allgemeinen derart verteilt,

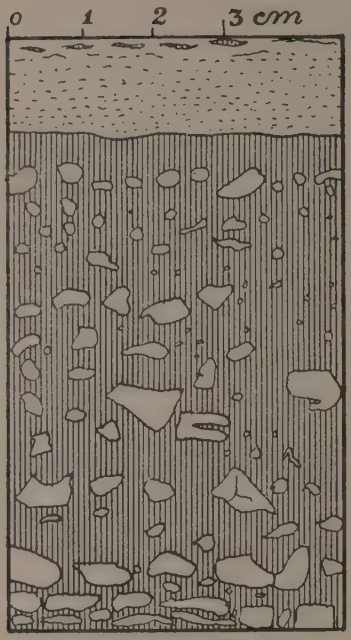


Abb. 7.

dass der oberste Teil der Eisschicht aus reinem Eis bestand und weiter nach unten um so mehr Erdmaterial auftrat, je näher man dem unteren Rande kam. Eine derartige Struktur gibt gewissermassen einen Fingerzeig, wie die Bildung der Schichten vorsichgeht. Sicherlich ist der obere Teil der ältere und entstanden, als das Wasser leicht aus dem Boden aufstieg. In den unteren Teil sickerte das Wasser langsamer, wobei sich die Erde bei eintretendem Froste so abkühlte, dass sie Stück für Stück am Eise anfror und in dasselbe hineingeriet. Je weniger Wasser durchsickerte, um so mehr Erde kam in die Eisschichten, bis schliesslich kein Wasser mehr durchzusickern vermochte und die Eisschichtbildung aufhörte. Unterhalb dieser Eisschicht befand sich flachgeschichteter Bodenfrost.

Profil 6. Grasacker, Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 26 cm, im senkrechten Profil sind 5 verschiedene Eisschichten zu unterscheiden, welche etwa 4 bis 5 cm voneinander entfernt lagen; die erste Schicht befand sich 6 cm tief unter der Erdoberfläche. Die Dicke der Eisschichten war nicht besonders gross, auch waren die Schichten nicht sonderlich einheitlich, wenn sich auch ihre Richtung deutlich erkennen liess (Abb. 50). Zwischen diesen Schichten befanden sich reichlich teils Hohlräume, teils ganz harte Erde, in der sich keinerlei besondere Eisbildungen nachweisen liessen.

Dieser Schnitt enthielt hohlräumigen, geschichteten und massiven Bodenfrost zusammen.

Profil 7. Grasacker, mit gedeckten Gräben. Mo-Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 38 cm. Im Boden keinerlei regelmässige Bodenfrostschichten (vgl. Abb. 51). Die Eisschichten unregelmässig, ihre Dicke wechselte beträchtlich, 0.1—8 mm. Sehr zahlreiche Hohlräume, von denen sich denn auch die Unregelmässigkeit der Eisschichten herleitet. Die Hohlräume nicht sonderlich gross. Ihre Wandungen waren mit einer sehr feinen Eisschicht bekleidet, welche zuweilen, besonders im oberen

Teil des Hohlraumes völlig zerschmolzen war. Im unteren Teil des Hohlraumes konnte sich recht dickes Eis befinden, das selbstverständlich durch das von oben abgeflossene Wasser entstanden war.

Der Bodenfrost war demgemäss ein ungemein typischer hohlräumiger Bodenfrost.

Profil 8. Grasacker, Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 26 cm. An der Erdoberfläche (vgl. Abb. 47) lag eine 5 cm dicke, sehr trockene Schicht und unter dieser in recht grossem Umfang hohlräumiger Bodenfrost, dessen Eisschichten überaus dünn (0.1—0.4 mm) waren. In einer Tiefe von 16—20 cm befanden sich zwei recht deutliche Eisschichten. Im Querschnitt bemerkte man das mit Eis angefüllte Loch eines Mistkäfers und in diesem, in 15 cm Tiefe einen zusammengerollten Regenwurm. (Der Wurm war nicht gefroren, obgleich er von gefrorenem Boden umgeben war.)

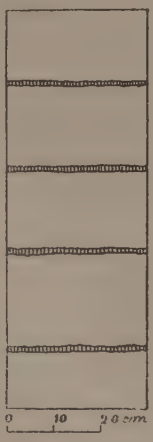


Abb. 8.

Im Querschnitt finden wir also dreierlei Bodenfröste, an der Erdoberfläche den massiven, darunter eine Mischung von massivem und hohlräumigem Bodenfrost und zu unterst undeutlich geschichteten Bodenfrost, in welchem die Eisschichten sehr fein waren.

9. Sandgrube. Käpylä 4. XII. 25. Grober Ufersandboden. Im Sande hatten sich 15—20 cm voneinander wagrechte, 20 mm dicke Eisschichten gebildet, welche ausserordentlich deutlich hervortraten (vgl. Abb. 8). Der zwischen den Eisschichten befindliche Boden war gefroren. Doch konnten mit unbewaffnetem Auge keine besonderen Eisbildungen um die Sandpartikel herum wahrgenommen werden.

2. Struktur des Bodenfrostes.

Auf Grund der voranstehenden Beobachtungen lassen sich also in bezug auf die Art und Weise des Gefrierens des Bodens folgende Bodenfrostarten unterscheiden:

A. Eisfilamente oder Kammeis (finnisch »rouste»)

B. Bodenfrost
   a. hohlräumiger
   b. massiver
   c. geschichteter.

A. Eisfilamente oder Kammeis.

Unter Kammeis ist an der Erdoberfläche entstandenes, nadelförmiges Eis zu verstehen, an dessen Oberfläche sich eine dünne, höchstens 2 mm starke Erdschicht befindet.

HESSELMAN[1] hat den Bau des Kammeises auf Torfböden beschrieben. Es wird von senkrecht gestellten Eisnadeln gebildet, auf denen eine feine Erdschicht liegt. Es ist dies die einfachste Kammeisstruktur. Gewöhnlich ist jedoch der Oberflächenfrost ein mehrschichtiger, was auf dem zu verschiedenen Zeiten eingetretenen Gefrieren beruht. Hierbei bemerkt man sowohl im Innern der Nadeln als auch zwischen denselben reichlich Erde. Sehr häufig befindet sich zwischen den Schichten eine ähnliche Bodenschicht wie auf der obersten Nadelschicht.

Wie sich schon aus den Beobachtungen ergab, geht die Entstehung der Eisnadeln anfangs nicht überall gleich schnell, sondern an gewissen Stellen viel schneller als anderswo vor sich, und insbesondere entwickeln sich die einzelnen Nadeln ausserordentlich rasch. Nach einiger Zeit gefriert die dünne oberste Bodenschicht, wonach die Entwicklung der einzelnen Eisnadeln aufhört und sämtliche Eisnadeln sich von nun an gleichmässig rasch entwickeln, da sie mehr oder weniger dicht aneinander gefroren sind. Jedoch ist das derart entstandene Nadeleis durchaus nicht homogen, denn es sind darin mehr oder minder grosse Hohlräume zu finden, welche in der Weise entstanden sind, dass eine oder mehrere Eisnadeln infolge von Wassermangel in ihrer Entwicklung stehen geblieben sind. Besonders im Sandboden ist die Bildung des Kammeises ungleichmässig.

[1] HESSELMAN, HENRIK, a. a. O., S. 37.

Die Wassermenge des unterhalb des Kammeises befindlichen Sandes geht aus untenstehenden Zahlen hervor.

Tabelle II.

Probe	Wasser in	
	Gewichts-%	Volum-%
1	12.5	20.5
2	16.4	29.4
3	13.8	20.5
4	17.8	28.0
5	15.4	29.6
6	14.7	24.7
7	14.5	26.2
8	16.9	27.5

Die Wassermenge ist also verhältnismässig hoch und schwankt merklich.

Das Kammeis tritt gewöhnlich in Sand-, Mo-, Feinmo-, Ton-, Mull- und Torfböden auf. Wie schon S. 13 bemerkt wurde, kommen allerdings auch solche Bodenarten vor, in welchen es sich nicht bildet oder wo sein Auftreten beim derzeitigen Zustand des Bodens unmöglich ist. Das Kammeis der verschiedenen Bodenarten weist allerhand Eigenheiten auf, doch soll auf diese hier nicht näher eingegangen werden. Es sei noch erwähnt, dass das Kammeis sich bloss auf nacktem oder nur dürftig mit Pflanzen bedecktem Boden, niemals auf mit dichter Vegetation bewachsenen Böden bildet.

B. Bodenfrost.

Mit Bodenfrost wird der oberste Teil des Erdbodens bezeichnet, in dem das daselbst befindliche Wasser infolge der Temperatur unter 0° C gefriert, wodurch sich eine harte gefrorene Bodenschicht bildet.

Der Bodenfrost kann sich bei genügend lang anhaltender kalter Witterung unter Kammeis bilden. Er entsteht überall, wenn auch seine

Bildung durch gewisse Umstände, wie Pflanzen-, Schneedecke u. dgl. verzögert und behindert werden kann[1]. Da jedoch diese Umstände keinerlei Einfluss auf die Struktur des Bodenfrostes selbst ausüben dürften, wurden sie in diesem Zusammenhang nicht näher untersucht.

a. Der hohlräumige Bodenfrost.

Bei dem hohlräumigen Bodenfrost ist das Wasser an den Wandungen der im Boden befindlichen Hohlräume gefroren und in den Erdpartikeln selbst Wasser nur in geringen Mengen anzutreffen.

Die Dicke der an den Wandungen der Hohlräume gefrorenen Eisschichten scheint sehr beträchtlich wechseln zu können. Es kommen Fälle vor, wo das Eis 12—14 mm dick ist, und andere, in denen es nicht 1 mm dick wird. Die Eisschichten sind keineswegs regelmässig, sondern das Eis besteht aus den mannigfaltigsten Nadeln und Pfeilern. Oft sind es stabförmige, flaschenförmige Nadeln, welche sehr verschieden gross sind. Auch blattförmige Nadeln, welche sich der Schneeflockenform nähern, kommen vor. Diese primären Bildungen verschwinden jedoch oft unter der Einwirkung warmer Witterung, und an ihre Stelle treten feste, dicke und teilweise massive Eisbildungen.

Eine Bestimmung des Wassergehalts nach Volum- oder Gewichtsprozenten lässt sich am hohlräumigen Bodenfrost nur sehr schwer ausführen, da die Struktur des Bodenfrostes so zart ist, dass sich ein Volumen von bestimmter Grösse nicht aus ihm herauslösen lässt. Es gelang nur, einige wenige Proben zu entnehmen, und auch diese sind bei weitem nicht einwandfrei.

Die aus ihnen erhaltenen Wassermengen sind folgende:

[1] HANN, J., Lehrbuch der Meteorologie. 2. Aufl. Leipzig 1915. S. 54. KOKKONEN, P., a. a. O., S. 149.

Probe	Wasser Gewichts-%	Volum-%
1	74	28
2	81	11
3	78	8
4	55	11

Wie aus obigen Zahlen hervorgeht, schwankt der Wassergehalt beträchtlich.

Der hohlräumige Bodenfrost ist sehr heterogen, weshalb sein Wassergehalt sehr variabel ist.

Der hohlräumige Bodenfrost kommt bis zu einem gewissem Grade in sämtlichen Bodenarten, jedoch vorzugsweise in bearbeiteten Ackerböden vor.

b. Der massive Bodenfrost.

Wie früher auseinandergesetzt wurde, gefriert ein Teil des Wassers um die Erdpartikel herum, wobei ein durchweg gleichartiger, massiver, beinahe homogener Bodenfrost entsteht.

Der massive Bodenfrost bildet zuweilen grosse einheitliche Stücke, manchmal wiederum tritt er im Verein mit den andern Bodenfrostformen auf.

Den massiven Bodenfrost kann man im Hinblick auf seine Struktur in zwei Gruppen teilen:

in 1) völlig massiven und in

2) halbwegs massiven.

Im völlig massiven Bodenfrost sind keinerlei bemerkenswertere Eisbildungen zu konstatieren, sondern da ist der Boden gleichmässig fest.

Im halbwegs massiven Bodenfrost lassen sich dünne, kurze Eisbildungen bemerken, deren Längsrichtung deutlich wagrecht ist.

Im Tonboden ist der massive Bodenfrost sehr dicht. Gewöhnlich sind mit blossem Auge keine Eisbildungen zu erkennen, da sie ausserordentlich klein sind. Es handelt sich hier um primäre Eisbildung, wo-

bei der gefrorene Tonboden völlig gleichmässig, ohne die geringsten Poren ist. Ist jedoch der Tonboden längere Zeit dem Einfluss der Luft ausgesetzt gewesen, so wird er — besonders bei steifem Ton — körnig und sieht dann ebenso wie Mo oder Sand aus. Hierbei bilden sich auch bei massivem Bodenfrost kleine, auch schon mit blossem Auge wahrnehmbare Eisbildungen, die meistens unregelmässig sind, wenn auch ihre Hauptrichtung wagrecht ist (halbwegs massiver Bodenfrost). Die Dicke dieser Eisbildungen ist nur sehr unbedeutend (unter 0.1 mm).

Der im Feinmoboden entstandene Bodenfrost ist im grossen und ganzen dem im Tonboden entstandenen sehr ähnlich. Auch hier sehen wir keinerlei besondere Eisbildungen, sondern eine Bodenmasse, in welcher das zwischen den Erdpartikeln befindliche Wasser gefroren ist, wodurch der Boden hart geworden ist.

Im Moboden entsteht fast immer halbwegs massiver Bodenfrost, und hier findet man zwischen den Erdpartikelchen entstandene, zum Teil dünne (0.1 mm) und etwa 3—4 mm lange Eisschichten, die zuweilen recht geschlängelt sein können, deren Richtung jedoch im allgemeinen wagrecht ist. Die Anzahl der Eisschuppen pro cm^2 schwankte in den untersuchten Fällen zwischen 80 und 240 (vgl. Abb. 32).

Im Sandboden entsteht vorzugsweise massiver Bodenfrost, da die Wasserkapazität des Sandes nur gering ist. Im Sand kann sich sogar so wenig Wasser befinden, dass selbst beim Gefrieren desselben die Erdpartikel nicht aneinander haften.

c. Der geschichtete Bodenfrost.

Der geschichtete Bodenfrost unterscheidet sich von dem vorgenannten insofern, als das Wasser im Boden in regelmässigen, nahezu ausnahmslos wagrecht verlaufenden Schichten gefroren ist. Die Schichten können zusammenhängend, ausgedehnt oder kurz, wenig umfangreich, regelmässig oder unregelmässig sein. Sie können sehr dicht übereinander liegen oder auch vereinzelt und weit voneinander entfernt auftreten. Zwischen den Eisschichten ist der Boden massiv gefroren.

Im geschichteten Bodenfrost lassen sich also 2 Teile unterscheiden: gefrorene Erde und eigentliche Eisschichten. Man hat es also mit einem deutlich geschichteten Bodenfrost zu tun, sobald Eis- und Erdschichten mehr oder weniger regelmässig abwechselnd vorkommen.

Bei eingehender Prüfung der Eisschichtbildung treten in dieser beträchtliche Verschiedenheiten hervor. In Abb. 3, 4 und 9 gibt der schraffierte Teil die Eisschichten an. Hier ist die Form der Schichten ausserordentlich unregelmässig. Die Schichtränder sind sehr deutlich und scharf. Die Eisschichten werden unterbrochen und können ihre Richtung verändern, obgleich diese im grossen und ganzen wagrecht verbleibt. In diesen Fällen sind die Eisschichten u n r e g e l m ä s s i g. In Abb. 48 ist der grösste Teil des Flächeninhalts, abgesehen von der Mittelpartie, mit unregelmässigen Schichten bedeckt, für welche gerade eine sehr wechselnde Dicke und Länge und teilweise sogar Richtung charakteristisch ist.

Es verdient besondere Beachtung, dass die unregelmässigen Schichten keine weite Ausdehnung haben. Dagegen kommen über weite Flächen sich erstreckende Schichten vor, die durchweg eine einigermassen gleichmässige Dicke beibehalten. In den Abb. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 27, 28, 30—32, 46, 48 und 50 haben wir Schichten, die sich sehr weit erstrecken und deren Dicke überall ziemlich gleich ist.

Diese zusammenhängenden Schichten unterscheiden sich recht auffallend voneinander. In manchen Fällen befinden sich zu beiden Seiten einer grossen Eisschicht eine oder mehrere dünne Schichten, wodurch die Schichten eine Schichtengruppe bilden (vgl. Abb. 1 und 2). In anderen Fällen tritt die Hauptschicht einzeln auf, doch besitzen ihre verschiedenen Teile eine voneinander abweichende Struktur, und zwar so, dass der obere Teil einer einzelnen Eisschicht stets aus reinem Eis besteht und der untere stets mehr oder weniger mit Erdpartikeln untermischt ist (Abb. 7).

Demgemäss können folgende Arten von Schichten unterschieden werden:

1) Unregelmässige

2) zusammenhängende, fortlaufende
   a) einzelne und
   b) gruppenweise

Im Sandboden kommen gewöhnlich weit ausgedehnte Eisschichten vor, die recht weit voneinander belegen sind (Abb. 8 und 27), obschon auch unregelmässige und geschlängelte Eisschichten nicht selten sind (Abb. 26 und 29).

Im Moboden ist die Schicht zusammenhängend und langgestreckt. Ihre Dicke kann sehr schwankend sein; einmal kann sie 0.1 mm, ein andermal 5 mm betragen. Abb. 1 und 2 geben einen Schnitt durch eine in Moboden entstandene Eisschichtbildung wieder. In der Eisschicht befinden sich mehrere Schichten, deren mittlere die dickste Hauptschicht ist (etwa 1—3 mm). Zu beiden Seiten derselben liegt eine dünnere Eisschicht (0.2—0.6 mm). Noch weiter ausserhalb von dieser gibt es noch etwas dünnere Eisschichten als die letzterwähnte. Die Eisschichten werden allmählich immer dünner, bis schliesslich der massive Bodenfrost einsetzt. In manchen Eisschichtungen lassen sich 3 verschiedene Eisschichten, in anderen 5, 6, 8, ja sogar 10 Eisschichten nebeneinander gelagert unterscheiden, die zusammen einen Schichtenkomplex bilden. In anderen Fällen ist die Eisschicht ganz isoliert, ohne alle begleitenden dünneren Schichten (vgl. Abb. 31). In diesen Fällen ist die Eisschicht gewöhnlich dicker als in den weiter oben beschriebenen.

Im Feinmoboden sind die Eisschichten in ihren Grundzügen sehr unregelmässig. Ausserdem sind sie oft ausgedehnt und laufen in vielfach geschlängelten Labyrinthen zusammen (vgl. Abb. 3 und 33—36).

Die im steifen Ton vorkommenden primären Eisschichten sind auch nicht annähernd regelmässig, wenn auch ihre allgemeine Richtung wagrecht ist. Die Grenze zwischen den Eisschichten und der Erde ist immer ausserordentlich scharf, und Begleitschichten kommen nicht vor (Abb. 40 und 41).

Im früher schon gefroren gewesenen steifen Tonboden ist die Schichtstruktur eine andere. Hier gibt es weitgestreckte, zusammenhängende, regelmässige Schichten, zwischen denen schmale

unregelmässige Schichten gelagert sind. Die Stärke der ersteren kann ca. 5—8 cm betragen, und an ihrem oberster Rand liegt gewöhnlich eine ganz reine Eisschicht (vgl. Abb. 7). Unterhalb derselben befindet sich Eis mit hier und da eingestreuten Erdstückchen, oben mehr Eis als Ton, unten umgekehrt, enthaltend. Häufig verschwindet die Eisschicht nach und nach, und die gefrorene Erde wird dominierend. Die zwischen diesen mächtigen Eisschichten eingebetteten unregelmässigen Schichten sind meistens sehr dünn und unansehnlich (vgl. Abb. 48).

Ob der Boden Untergrund oder Krume ist, scheint auf die Entstehung von Eisschichten keinen Einfluss zu haben. Abb. 2 stellt einen Fall dar, wo die Eisschichten durch ein im Krumenboden befindliches Stück des Untergrundes hindurchgehen, ohne dass die Eisschichtstruktur im geringsten davon beeinflusst wird. In diesem Fall handelt es sich um ein und dieselbe Bodenart.

Jedoch lassen sich im Moboden auch andere Schichten bemerken, insbesondere an der Erdoberfläche. In einem Fall befinden sich etwa 4 cm unter der Erdoberfläche Eisschichtungen (Abb. 30), deren Schichtränder bei stets wagrechter Richtung der Schicht sehr uneben sind. An manchen Stellen kann die Eisschicht 8 mm dick sein, an anderen wiederum nur 2—3 mm. Worauf diese Unregelmässigkeit zurückzuführen ist, lässt sich auf Grund der angestellten Untersuchungen nicht näher erkennen.

Auf die Anzahl und Dicke der Eisschichten übt selbstverständlich die Menge von reinem Eis einen grossen Einfluss aus. Folgende Tabelle soll dieses Verhalten beleuchten.

Tabelle III. Dicke der Eisschichten im Feinmoboden.

Probe	Eis-volumen %	Anzahl der Eisschichten, wenn die Dicke der verschiedenen Eisschichten .... mm ist											
		0.1	0.2	0.3-0.4	0.5-0.7	0.8-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	4.1-5.0	5.1-7.0	7.1-15
VIII	23.2	19	31	14	9	8	4	—	—	—	—	—	—
VII	25.6	24	25	15	9	2	—	—	—	—	—	—	—
VI	26.6	27	16	7	11	7	4	—	—	—	—	—	—
VIII	28.6	22	7	11	6	7	2	1	1	—	—	—	—
Summe		92	79	47	35	24	10	1	1	—	—	—	—
Anzahl der Eisschichten pro Probe		23	19.75	12	9	6	25	0.25	0.25	—	—	—	—
Verhältnis der Eismenge		23	40	42	54	54	33	6	6	—	—	—	—
VI5	31.1	17	17	13	15	14	5	2	—	—	—	—	—
VII6	34.4	24	16	22	17	11	4	1	—	—	—	—	—
VII7	36.2	9	5	7	8	3	3	3	3	—	—	1	—
VI2	38.0	9	14	8	9	6	3	3	4	—	—	—	—
Summe		59	52	50	49	34	15	9	7	—	—	1	—
Anzahl der Eisschichten pro Probe		14.75	13.0	12.50	12.25	8.50	3.75	2.25	1.75	—	—	0.25	—
Verhältnis der Eismenge		14	26	44	73	76	49	41	44	—	—	15	—
VIII2	42.1	10	9	7	7	3	1	3	4	1	—	1	—
Verhältnis der Eismenge		10	18	25	42	27	13	54	100	35	—	—	—
VII3	54.0	9	4	8	7	7	14	9	3	5	—	1	—
VIII3	55.7	7	13	7	11	11	9	6	7	3	2	1	—
Summe		16	17	15	18	18	23	15	10	8	2	2	—
Anzahl der Eisschichten pro Probe		8	8.50	7.5	9	9	11.5	7.5	5	4	1	1	—
Verhältnis der Eismenge		8	17	19	54	81	149	135	125	180	45	60	—
VI3	63.5	3	3	8	10	6	5	4	10	3	4	—	1
VII4	66.6	5	6	9	6	5	7	2	9	5	3	—	—
Summe		8	9	17	16	11	12	6	19	8	7	—	1
Anzahl der Eisschichten pro Probe		4	4.5	8.5	8	5.5	6.0	3.0	9.5	4	3.5	—	0.5
Verhältnis der Eismenge		2	5.0	30	48	50	78	54	238	140	158	—	2.1
I	74.5	6	3	4	12	4	5	6	6	1	2	6	2
Verhältnis der Eismenge		12	6	14	72	36	65	108	150	35	90	360	170

Aus obenstehender Tabelle geht hervor, dass die Eisschichten stets dünner sind, wenn das Volumen des Eises gering ist, und dass um so dikkere Eisschichten auftreten, je mehr Eis vorhanden ist. Die Eismenge der dickeren Eisschichten übersteigt bedeutend die der dünnen, trotzdem die Anzahl der ersteren viel geringer ist.

Der geschichtete Bodenfrost kommt verhältnismässig häufig in sämtlichen Bodenarten vor.

Die Eisschichten richten sich in ihrem Verlauf im allgemeinen nach der Erdoberfläche. Doch kann man Eisschichten finden, welche wagrecht liegen (z. B. im Tonboden von Halikko).

In Anbetracht des spärlichen Materials lassen sich jedoch in dieser Hinsicht noch keine endgültigen Schlussfolgerungen ziehen.

II. Über die auf die Struktur des Bodenfrostes einwirkenden Faktoren.

Ausser der Temperatur spielt bei der Bildung des Bodenfrostes auch die in der Erde befindliche Wassermenge sowie die Struktur des Bodens eine Rolle. Im folgenden sollen diese beiden Faktoren einer näheren Prüfung unterzogen werden.

Der Wassergehalt.

Um das Verhältnis zwischen Wassergehalt und Bodenfrost klarzulegen, wurden zweierlei Bestimmungen ausgeführt, nämlich 1) Bestimmungen über den Gesamtwassergehalt und 2) Bestimmungen über die in den Eisschichten enthaltene Wassermenge. Bei letztgenannten ergab sich natürlich die um die Erdpartikel herum gefrorene Wassermenge vermittels einer einfachen Berechnung. Der Gesamtwassergehalt wurde folgendermassen bestimmt: Aus dem zu untersuchenden, gefrorenen Boden wurde senkrecht ein im Querschnitt quadratisches Prisma gesägt,

welches dann im allgemeinen so durchgeteilt wurde, dass das Stück einem Würfel glich. Die Seiten des Würfels wurden mit dem Messer von den mit der Säge abgelösten und teilweise aufgetauten Stoffen gesäubert und die beim Sägen eventuell entstandenen Unebenheiten geglättet. Die Kanten des Würfels wurden gemessen und hiernach das Volumen des Würfels in cm^3 berechnet. Darauf wurden die Stücke in Pergamenttüten gelegt. Die Bodenfrostprobe wurde mitsamt der Tüte gewogen und das vorher bestimmte Gewicht der Tüte subtrahiert. Die derart gewogenen Tüten wurden in Leinwandsäckchen gesteckt und so ins Laboratorium gebracht. Im Laboratorium wurden die Bodenfrostproben mit den Papiertüten getrocknet, indem man sie wenigstens 8 Stunden bei 105—110° C im Trockenschrank liegen liess. Darauf wurden die Proben gewogen und aufs neue für etwa 3 Stunden in den Trockenschrank gelegt, worauf sie wieder gewogen wurden. Hatte das Gewicht beim letzten Trocknen doch noch abgenommen, so wurde nochmals getrocknet und gewogen. Die beim Trocknen erfolgte Gewichtsabnahme der Papiertüten wurde in der Weise bestimmt, dass 40 Stück davon bei gleicher Temperatur getrocknet und das Mittel ihrer Gewichtsabnahme berechnet wurde.

Über die Gesamtwassermenge seien für die verschiedenen Bodenarten folgende Resultate nach Profilen mitgeteilt:

Tabelle IV. Torfboden (Abb. 9).

Profile 1			Profile 2			Profile 3			Profile 4		
Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %
0– 2.4	86.8	95.5	0– 2.1	78.6	80.0	0– 2.3	93.8	87.2	0– 3.0	80.7	83.8
2.4– 5.4	79.5	86.4	2.1– 5.4	74.2	75.7	2.3– 5.2	89.7	81.3	3.0– 5.9	84.3	78.3
5.4– 8.4	83.3	78.7	5.4– 8.3	82.7	77.7	5.2– 7.6	81.7	76.4	5.9– 8.6	83.4	77.5
8.4–12.4	84.4	76.8	8.3–10.2	80.3	73.9	7.6– 9.9	81.6	73.0	8.6–11.9	78.5	79.7
12.4–16.3	80.0	74.0	10.2–16.2	84.9	74.4	9.9–12.8	77.1	74.0	11.9–15.9	69.8	79.7

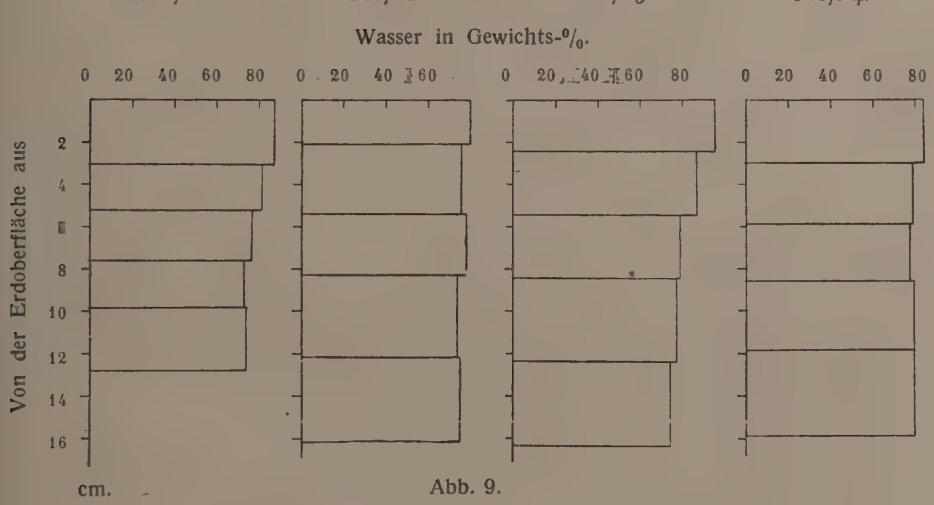


Abb. 9.

Tabelle V. Moboden (Abb. 10).

Profile					
1			2		
Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %
0– 4.0	63.9	38.9	0– 3.2	74.2	58.3
4.0– 8.4	55.5	33.7	3.2– 6.5	66.9	51.3
8.4–11.5	66.4	46.2	6.5–10.0	61.1	47.2
11.5–14.7	52.8	33.8	10.0–13.7	68.7	46.3
14.7–17.7	63.2	43.0	13.7–17.6	65.8	38.3
17.7–22.3	46.2	34.6	17.6–21.7	58.3	40.5
22.3–27.2	58.5	35.5	21.7–26.7	60.3	39.7
—	—	—	26.7–31.0	64.3	41.2
—	—	—	31.0–35.0	60.5	38.9

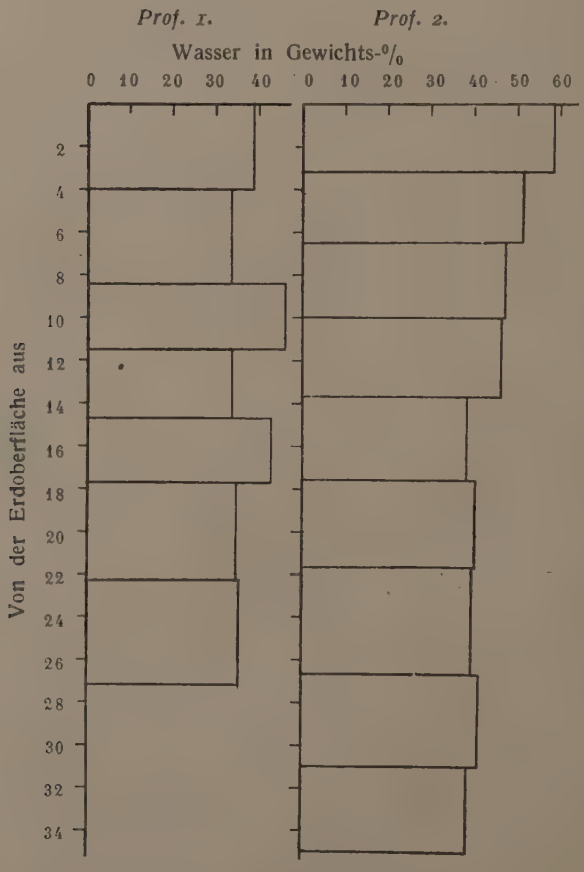


Abb. 10.

Tabelle VI. Feinmoboden (Abb. 11).

Profile 1			Profile 2			Profile 3		
Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %
0– 3.0	83.6	76.7	0– 2.0	76.1	77.0	0– 2.5	84.3	82.4
3.0– 5.8	70.0	54.3	2.0– 4.1	67.5	54.2	2.1– 5.0	71.7	54.9
5.6– 9.0	74.1	59.2	4.1– 7.3	71.8	57.3	5.0– 8.6	71.7	54.7
9.0–12.2	70.6	54.4	7.3–10.5	73.7	62.9	8.6–11.7	75.0	63.3
12.2–15.1	58.9	37.7	10.5–12.5	65.5	43.7	11.7–14.7	61.6	39.3
15.1–17.6	59.0	41.1	12.5–15.6	64.2	44.4	14.7–17.5	65.3	45.1
—	—	—	—	—	—	17.5–18.9	57.2	29.4

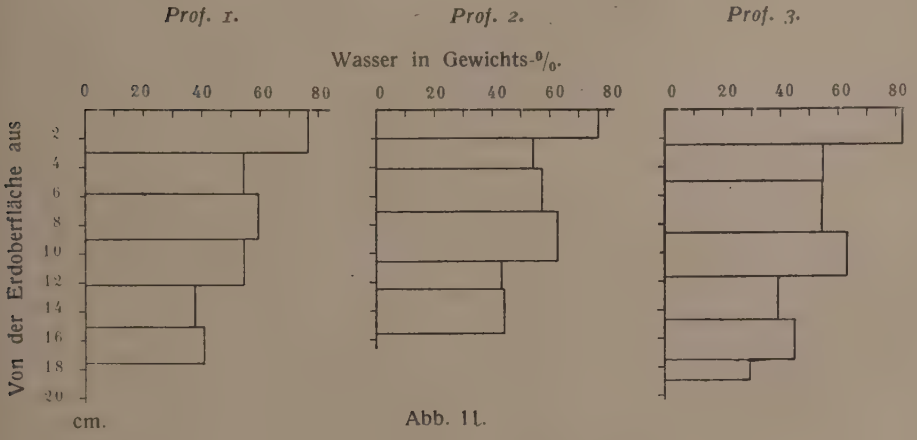


Abb. 11.

Tabelle VII. Tonboden (Abb. 12).

Profile					
1			2		
Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %	Tiefe cm	Volumen %	Gewicht %
0– 3.0	68.2	47.0	0– 3.0	66.1	46.0
3.0– 6.3	74.2	57.3	3.0– 6.5	67.7	53.5
6.3– 9.6	73.9	57.5	6.5– 9.7	75.0	58.0
9.6–13.2	70.3	51.2	9.7–13.3	70.2	51.3
13.2–17.1	66.3	40.1	13.3–17.4	67.8	41.4
17.1–20.5	69.1	48.6	17.4–20.6	70.1	49.9

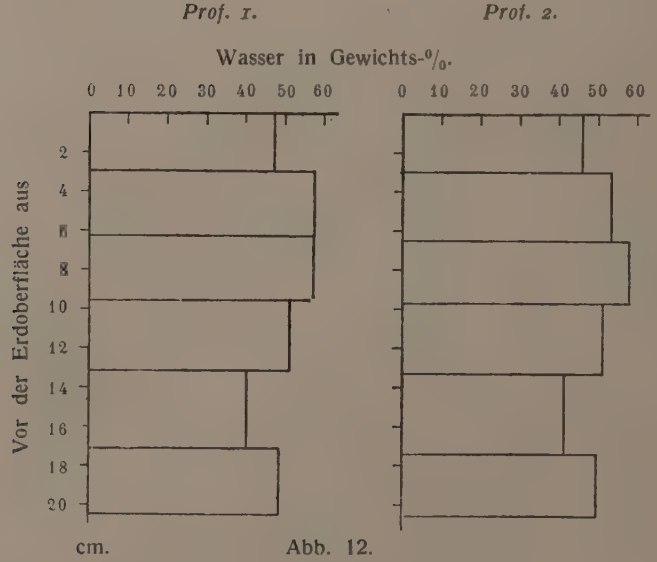


Abb. 12.

Wie aus obenstehenden Zahlen und den entsprechenden Zeichnungen (Abb. 10—13) erhellt, nimmt der Gesamtwassergehalt im Torfboden im allgemeinen nach der Tiefe zu ab, wenn auch keineswegs in allen Fällen und regelmässig. Im Moboden ist die Abnahme regelmässiger, obgleich auch hier Ausnahmen vorkommen. Im Feinmoboden ist dasselbe der Fall: eine Abnahme des Wassergehalts lässt sich feststellen, ist jedoch nicht regelmässig. Im Tonboden findet keinerlei Abnahme statt.

Sowohl die Herbstregen als auch das im Winter eintretende Tauwetter haben einen bedeutenden Einfluss auf die Gesamtwassermenge, so dass bezüglich dieser keinerlei Gesetzmässigkeit zu erwarten ist.

Um die Menge des reinen Eises zu bestimmen, wurde der Versuch gemacht, mit einem Messer die gefrorene Erde und das Eis voneinander abzulösen. Diese Arbeit erwies sich indessen als so schwierig, dass sie nicht zu einwandfreien Resultate geführt hätte, weswegen der Versuch aufgegeben wurde. Hierauf wurde zu dem sog. Messungsverfahren gegriffen. Aus dem zu untersuchenden gefrorenen Bodenstück wurden senkrechte, im Querschnitt quadratische Prismen ausgesägt, wie schon weiter oben beschrieben wurde. Diese Prismen wurden behufs Bestimmung des reinen Eises derart in Stücke geteilt, dass die in ein und demselben Stücke vorkommenden Eisschichten ungefähr gleich breit waren. Man erhielt dadurch Stücke, deren Volumen unschwer bestimmt werden konnte. An jedem dieser Stücke wurde an vier oder fünf Stellen, nämlich in der Mitte jeder Seite sowie an einer der senkrechten Seitenkanten die Dicke der Eisschichten in senkrechter Richtung gemessen. Der Mittelwert der so erhaltenen Masszahlen gab die senkrechte Dicke des Eises in den betreffenden Stücken an. Da nun das Volumen des Stückes bekannt war, konnte das Volumen des reinen Eises ohne Schwierigkeit berechnet werden. Nach der Messung wurde das untersuchte Stück in eine Pergamenttüte gelegt und gewogen, worauf dasselbe Verfahren wie bei der Bestimmung des Gesamtwassergehaltes wiederholt wurde.

Sollten zuverlässige Resultate erzielt werden, so mussten sämtliche

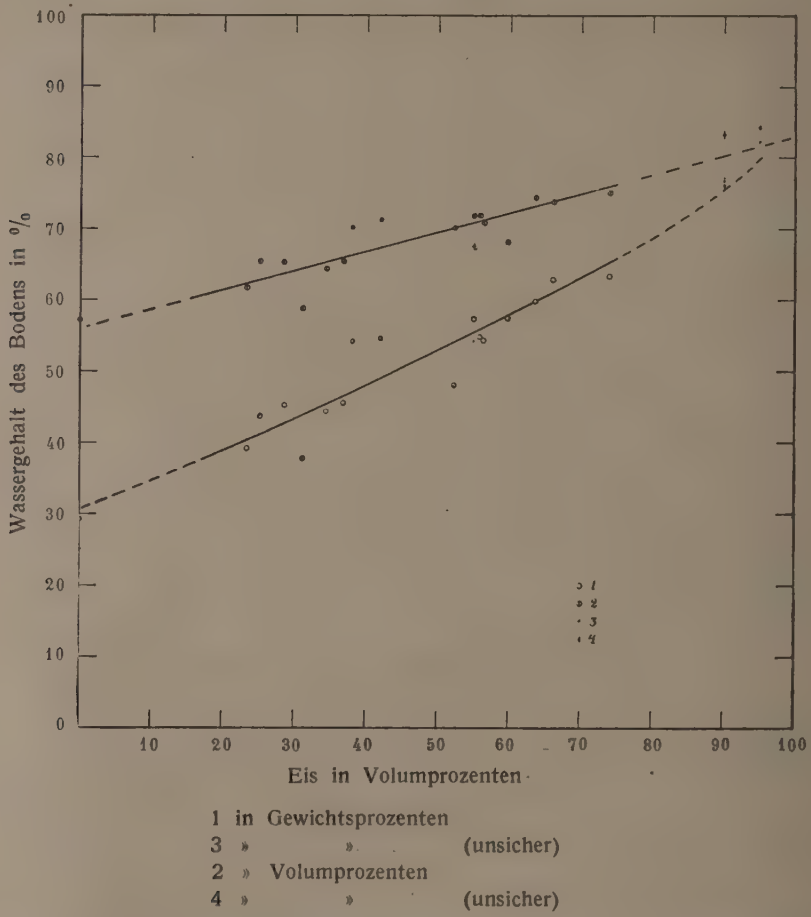


Abb. 13. Das Verhältnis zwischen dem reinen Eis und dem Wassergehalt des Feinmobodens (I).

oben beschriebenen Arbeiten im Freien bei einer Temperatur von mindestens —4° C ausgeführt werden. Bei höherer Temperatur begann der gefrorene Boden beim Sägen aufzutauen, wobei sich seine ursprüngliche Konsistenz veränderte.

Nachstehende Tabelle VIII enthält das »Messungsprotokoll» eines Bodenfrostwürfels.

Tabelle VIII.

Probe Nr. 5. Profil VI. Iisalmi 14. I. 25.

2.95 3.34

Basis (2.94 + 2.96) (3.36 + 3.32)

Höhe (2.55 + 2.54 + 2.50 + 2.50)

2.53

Volumen 24.928 cm³.

Das Säckchen mit dem Bodenfrostwürfel wog ..... 41.47 gr.

Das Säckchen wog ..... 2.48 » 38.99 gr.

Das getrocknete Säckchen mit der Erde wog ..... 26.62 »

Das getrocknete Säckchen wog 2.32 » 24.30 »

Wasser 14.69 »

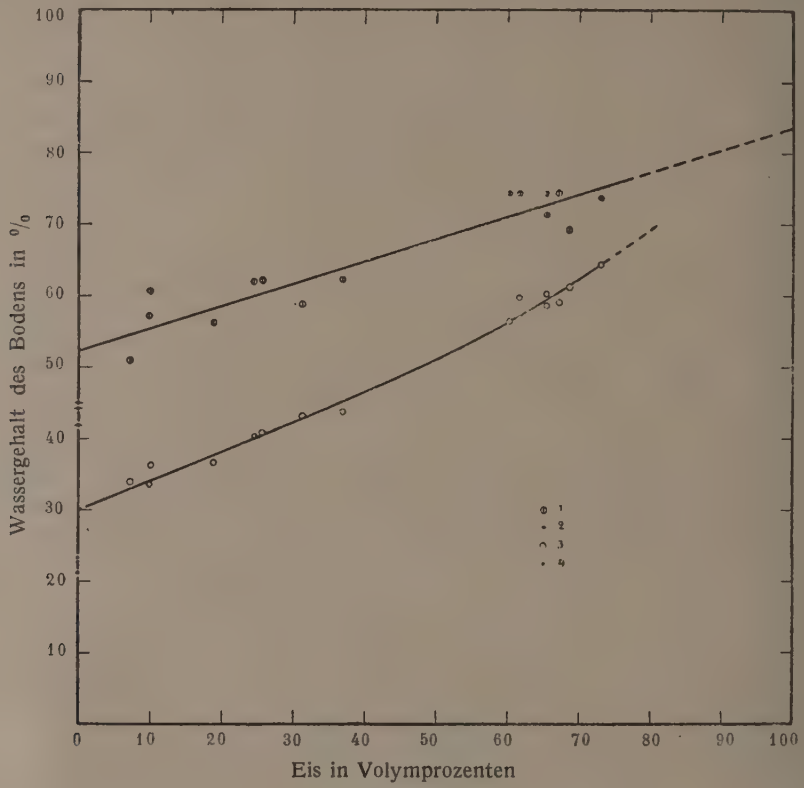
Dicke der Eisschichten in mm an verschiedenen Messungstellen

Stelle 1		Stelle 2		Stelle 3		Stelle 4		Stelle 5	
Gemessene Ober- und Untergrenze der Eisschichten	Dicke der Eisschichten	Gemessene Ober- und Untergrenze der Eisschichten	Dicke der Eisschichten	Gemessene Ober- und Untergrenze der Eisschichten	Dicke der Eisschichten	Gemessene Ober- und Untergrenze der Eisschichten	Dicke der Eisschichten	Gemessene Ober- und Untergrenze der Eisschichten	Dicke der Eisschichten
0.2– 0.6	0.4	0– 1.1	1.1	0– 1.3	1.3	0.6– 0.8	0.2	0– 0.8	0.8
1.8– 2.4	0.6	1.6– 2.4	0.8	2.2– 2.5	0.3	2.1– 3.7	1.6	1.7– 3.0	1.3
3.3– 3.5	0.2	3.0– 3.1	0.1	3.1– 3.6	0.5	4.3– 4.9	0.6	4.2– 6.0	1.8
3.8– 4.5	0.7	3.8– 4.6	0.8	3.9– 4.1	0.2	5.1– 5.9	0.8	6.1– 6.6	0.5
5.8– 6.0	0.2	6.3– 7.3	1.0	4.8– 5.7	0.9	7.0– 7.2	0.2	7.9– 8.0	0.1
6.4– 7.2	0.8	8.7– 8.8	0.1	7.0– 7.2	0.2	9.3–10.6	1.3	8.4– 9.7	1.3
8.5– 9.1	0.6	10.0–10.3	0.3	8.5– 8.6	0.1	11.7–12.1	0.4	10.9–11.7	0.8
10.1–10.4	0.3	11.0–11.2	0.2	9.6–10.1	0.5	14.0–14.2	0.2	13.8–14.7	0.9
11.3–11.6	0.3	12.0–12.8	0.8	10.4–11.4	1.0	16.7–17.3	0.6	15.0–15.1	0.1
11.9–12.6	0.7	13.9–14.2	0.3	12.8–12.9	0.1	20.2–21.1	0.9	15.3–15.6	0.3
15.3–15.5	0.2	15.3–15.3	0.1	13.4–13.6	0.2	22.3–22.2	0.1	19.0–19.2	0.2
16.2–16.6	0.4	15.9–16.0	0.1	14.7–15.7	1.0	22.8–23.1	0.3	20.0–20.2	0.2
17.0–17.3	0.3	16.7–16.8	0.1	16.7–17.2	0.5	24.3–24.6	0.3	21.0–21.5	0.5
18.9–19.0	0.1	17.1–17.6	0.5	18.2–19.0	0.8	—	—	22.0–22.1	0.1
20.3–20.4	0.1	19.1–19.3	0.2	19.7–19.8	0.1	—	—	24.2–24.4	0.2
22.5–23.0	0.5	20.6–20.8	0.2	22.4–22.6	0.2	—	—	—	—
24.5–25.0	0.5	21.4–22.0	0.6	23.3–23.7	0.4	—	—	—	—
—	—	24.1–24.3	0.2	24.3–24.4	0.1	—	—	—	—
Summe	6.9		7.5		8.4		7.3		9.1

Eis 7.88 mm oder 31.1 % des Volumens

Wasser 58.9 % des Volumens,

37.7 % des Gewichts

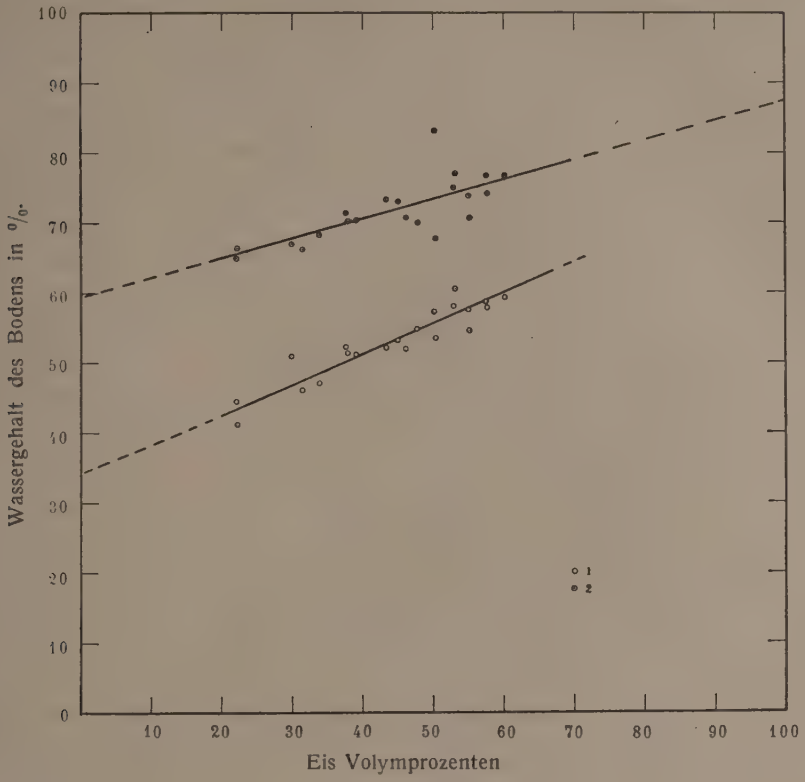


1 in Volumprozenten
2 » » (Fälle ohne Eis)
3 » Gewichtsprozenten
4 » » (Fälle ohne Eis)

Abb. 14. Das Verhältnis zwischen dem reinen Eis und dem Wassergehalt des Feinmobodens (II).

Solche Bodenfrostmessungen wurden in folgender Anzahl an verschiedenen Bodenarten ausgeführt: 41 an Feinmoboden, 21 an Tonboden. Tabelle IX, X und XI enthalten die Resultate.

Die in den Tabellen IX—XI enthaltenen Ergebnisse können graphisch dargestellt werden, und zwar so, dass die wagrechte Achse die Volumprozente des reinen Eises im Bodenfroststück und die senkrechte Achse den



1 in Gewichtsprozenten.
2 in Volumprozenten.

Abb. 15. Das Verhältnis zwischen dem reinen Eis und dem Wassergehalt des Tonbodens.

Gesamtwassergehalt desselben angibt. Man erhält hierbei zwei Kurven, von denen die obere den Wassergehalt in Volumprozenten und die untere in Gewichtprozenten angibt.

Die Zeichnungen Abb. 13 und 14 stellen an Feinmoboden ausgeführte Messungen dar (Tabelle IX und X). Wie aus ihnen hervorgeht, existiert ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen der im Boden vorhandenen Wassermenge und dem reinen Eise. Nimmt die im Boden befindliche

Tabelle IX. Feinmoboden I,

Nr. des Profils	Nr. des Erdwürfels	Volumen des Erdwürfels in cm³	Gewicht in g des Erdwürfels frisch	Gewicht in g des Erdwürfels trocken	Wasser im Würfel g	Wasser im Würfel Gewicht %	Wasser im Würfel Volumen %
IV	1	36.375	43.28	18.43	24.85	57.4	68.3
	2	19.318	28.23	14.68	13.55	48.0	70.1
VI	1	29.140	31.79	7.43	24.37	76.8	83.6
	2	24.019	31.06	14.19	16.87	54.3	70.2
	3	28.814	35.79	14.43	21.36	59.7	74.1
	4	29.122	37.80	17.24	20.56	54.4	70.6
	5	24.928	38.99	24.30	14.69	37.7	58.9
	6	23.134	33.22	19.57	13.65	41.1	59.0
VII	1	23.055	22.78	5.23	17.55	77.0	76.1
	2	21.930	27.32	12.52	14.80	54.2	67.5
	3	32.127	40.37	17.19	23.08	57.3	71.8
	4	35.057	41.06	15.23	25.83	62.9	73.7
	5	18.011	26.97	15.18	11.79	43.7	65.5
	6	24.898	35.97	19.99	15.98	44.4	64.2
	7	22.972	33.06	18.03	15.03	45.5	65.4
VIII	1	22.205	22.72	4.00	18.72	82.4	84.3
	2	23.820	31.13	14.05	17.07	54.9	71.7
	3	32.918	43.09	19.50	23.59	54.7	71.7
	4	30.520	36.17	13.28	22.89	63.3	75.0
	5	25.928	40.87	24.82	16.05	39.3	61.9
	6	21.420	31.03	17.04	13.99	45.1	65.3
	7	6.086	11.82	8.34	3.48	29.4	57.2

Wassermenge zu, so nimmt auch das reine Eis zu. Sinkt der Wassergehalt unter ein bestimmtes Mass, so bilden sich keine reinen Eisschichten mehr, sondern das Wasser gefriert um die Erdpartikel herum, und es entsteht massiver Bodenfrost.

Iisalmi (14.—15. I. 1925).

Höhe des Würfels in mm	Zusammengerechnete Dicke der Eisschichten in mm im verschiedenen Fall 1	2	3	4	5	durchschnittlich	Eisvolumen %	Bemerkungen
48.8	28.5	27.0	28.7	30.2	31.3	29.14	59.7	
32.1	14.1	19.3	17.7	15.9	17.0	16.90	52.3	
—	—	—	—	—	—	—	(90.0)	Eisschichten sehr unklar
23.5	7.3	9.5	9.4	9.0	—	8.93	38.0	Eisschichten unklar
28.3	17.7	17.9	17.8	18.0	18.4	17.96	63.5	
27.5	15.4	14.8	14.5	16.3	16.6	15.52	56.4	
25.3	6.9	7.5	8.4	7.5	9.1	7.88	31.1	
22.6	7.5	5.3	5.6	6.3	5.5	6.02	26.6	
—	—	—	—	—	—	—	(90.0)	Sehr eisreich
—	—	—	—	—	—	—	(65.0)	Schichten unklar
28.6	14.0	14.8	17.0	15.7	17.1	15.78	55.0	
30.6	20.9	19.2	20.0	19.7	21.3	20.22	66.1	
16.2	3.7	3.9	4.3	4.5	4.1	4.10	25.3	
22.3	7.7	8.7	7.4	7.4	7.0	7.64	34.3	
22.1	9.0	7.5	7.9	8.9	7.2	8.10	36.7	
—	—	—	—	—	—	—	(95.0)	Sehr eisreich Schichten unklar
23.3	8.7	7.1	12.3	10.4	—	9.75	41.8	
31.6	17.8	17.6	16.5	18.4	18.0	17.66	55.9	
28.9	23.1	22.7	18.3	23.6	19.3	21.40	74.0	
25.9	6.8	4.8	7.3	6.2	5.0	6.02	23.3	
21.7	4.4	6.4	6.3	7.2	—	6.18	28.5	
8.8	0	0	0	0	0	0	0	

Genau ebenso, wenn nicht noch deutlicher erkennbar verhält es sich beim Tonboden; die an diesem ausgeführten Messungsergebnisse (Tabelle XI) sind in Abb. 15 dargestellt.

Verlängert man die die Volumprozente bezeichnende Linie der Zeichnung in der durch die Punkte angegebenen Richtung nach rechts, bis sie

Tabelle X. Feinmoboden II.

Nr. des Profils	Nr. des Erdwürfels	Volumen des Erdwürfels in cm³	Gewicht in g des Erdwürfels frisch	Gewicht in g des Erdwürfels trocken	Wasser im Würfel g	Wasser im Würfel Gewicht %	Wasser im Würfel Volumen %
I	7	74.175	92.32	37.15	55.17	74.4	59.8
II	7	38.157	43.61	15.56	28.07	73.6	64.4
	8	29.996	39.43	17.14	22.29	74.3	56.5
	9	14.661	28.13	21.96	6.17	42.1	21.9
III	1	26.632	45.19	29.99	15.20	57.1	33.6
	2	22.355	33.93	20.05	13.88	62.1	40.9
	3	64.755	78.87	32.60	46.27	71.5	58.7
IV	1	17.043	28.43	18.18	10.35	60.7	36.8
	2	31.051	47.67	28.41	19.26	62.0	40.4
	3	65.497	80.67	31.97	48.70	74.4	60.4
	4	15.165	29.00	22.27	6.73	44.4	23.2
V	1	22.710	34.56	21.80	12.76	56.2	36.9
	2	27.439	39.07	21.97	17.10	62.3	43.8
	3	59.650	74.97	30.65	44.32	74.3	59.1
	4	19.900	38.41	29.46	8.95	45.0	23.3
VI	1	28.726	43.20	28.64	14.66	51.0	33.9
	2	33.353	45.45	25.82	19.63	58.9	43.2
	3	61.047	68.90	26.63	42.27	69.3	61.3

auf die Linie trifft, welche die Menge des reinen Eises mit 100 Volumprozent angibt, so zeigt sie, wieviel Wasser das reine Eis enthält.

Man erhält dann folgendes Ergebnis:

Bodenart	Volumprozent Wasser	Spez. Gewicht des Eises
Feinmoboden I	83.5	0.835
Feinmoboden II	83.0	0.830
Tonboden	87.5	0.875

Paimio (30. XI—1. XII. 1925).

Höhe des Würfels in mm	Zusammengerechnete Dicke der Eisschichten in mm						Eisvolumen %	Bemerkungen
	im verschiedenen Fall					durchschnittlich		
	1	2	3	4	5			
50.62	32.5	29.6	33.5	30.2	30.1	31.20	61.6	
27.58	18.6	21.8	20.1	19.6	20.5	20.12	73.0	
21.54	11.7	13.0	15.2	12.3	12.6	12.96	60.2	
17.35	—	—	—	—	—	0	0	Keine Eisschicht
22.38	1.9	3.1	1.8	2.0	—	2.20	9.8	
18.55	2.9	6.0	5.2	4.9	—	4.75	25.60	
50.42	33.4	27.5	35.2	34.6	34.1	32.96	65.4	
22.82	2.6	1.5	2.9	2.1	—	2.28	10.0	
24.43	6.7	4.9	5.5	6.8	—	5.98	24.5	
50.16	32.1	33.6	32.6	33.1	32.6	32.80	65.4	
12.06	—	—	—	—	—	0	0	Keine Eisschicht
22.55	3.7	6.0	2.5	4.8	—	4.25	18.8	
21.90	10.0	4.3	7.9	10.1	—	8.08	36.9	
49.62	32.9	35.2	31.0	32.0	35.4	33.30	67.1	
14.90	—	—	—	—	—	0	0	Keine Eisschicht
21.76	1.6	2.0	1.4	1.2	—	1.55	7.12	
25.70	8.4	10.1	6.1	7.5	—	8.03	31.2	
50.04	34.2	35.8	32.8	34.3	34.6	34.34	68.6	

Obenstehende Zahlen sind ein wenig kleiner als das gewöhnliche, aus der Physik bekannte spez. Gewicht des Eises (0.9). Dies beruht darauf, dass beim Gefrieren des Eises in der Erde die Verhältnisse nicht so einfach sind wie an der freien Wasserfläche, sondern dass sich hier der Eisbildung mancherlei Hindernisse in den Weg stellen, wie die Kapillarität, welche die Bewegung des Wassers im Erdboden hemmt und stört, das Erdmaterial, das seinerseits wieder auf die Kapillarität einwirkt und auch der Widerstand des Bodens, der aus der Veränderung

Tabelle XI. Tonboden.

Nr. des Profils	Nr. des Erdwürfels	Volumen des Erdwürfels in cm³	Gewicht in g des Erdwürfels frisch	Gewicht in g des Erdwürfels trocken	Wasser im Würfel g	Wasser im Würfel Gewicht %	Wasser im Würfel Volumen %
I	1	39.946	57.93	30.69	27.24	47.0	68.2
	2	42.115	54.12	22.86	31.26	57.8	74.2
	3	40.915	52.61	23.37	30.24	57.5	73.9
	4	45.032	61.82	30.16	31.66	51.2	70.3
II	1	41.246	59.30	32.02	27.28	46.0	66.1
	2	46.178	58.41	27.17	31.24	53.5	67.7
	3	38.740	50.11	21.05	29.06	58.0	75.0
	4	43.284	59.26	28.87	30.39	51.3	70.2
III	1	40.624	55.83	26.19	29.64	53.1	73.0
IV	1	28.086	40.93	22.76	18.17	44.4	64.7
	2	28.186	36.48	14.87	21.61	59.2	76.7
V	1	27.550	36.25	17.81	18.44	50.9	66.9
	2	29.694	37.76	14.90	22.86	60.5	77.0
	3	60.875	79.78	33.06	46.72	58.?	76.7
VII	3	19.555	26.66	12.83	13.83	51.9	70.7
VIII	3	41.232	59.96	25.67	34.29	57.2	83.2
	4	27.618	37.71	18.03	19.68	52.2	71.3
IX	3	28.899	40.77	19.57	21.20	52.0	73.4
X	3	26.791	34.25	15.50	18.75	54.7	70.0
XI	3	46.664	60.45	25.50	32.95	54.5	70.6
XII	3	19.719	31.85	18.77	13.08	41.1	66.3

des Volumens bei dem Gefrieren des Bodens folgt. Im Hinblick hierauf darf das erzielte Resultat als befriedigend bezeichnet werden.

Verlängert man das linke Ende der Wassergehaltslinien in den graphischen Zeichnungen bis zur Linie, welche die Menge des reinen Eises mit 0 bezeichnet, so gibt erstere an, wieviel Wasser um die Erdpartikelchen herum gefriert. In den verschiedenen Böden gestalten sich die Prozentmengen folgendermassen:

Iisalmi (7.—8. I. 1926).

Höhe des Würfels in mm	Zusammengerechnete Dicke der Eisschichten in mm im verschiedenen Fall 1	2	3	4	5	durchschnittlich	Eisvolumen %	Bemerkungen
27.95	8.3	9.3	10.9	9.3	—	9.45	33.8	
28.80	18.0	16.7	19.2	15.1	14.1	16.62	57.7	
28.80	16.7	15.7	15.7	15.2	15.9	15.84	55.00	
31.85	14.1	12.2	12.5	12.4	10.9	12.42	39.0	
27.10	7.4	8.2	10.1	8.3	—	8.50	31.4	
29.60	15,8	14.3	17.5	12.7	14.2	14.90	50.3	
27.84	16.0	14.0	17.6	14.7	11.4	14.74	52.9	
31.41	11.8	11.8	12.9	11.0	—	11.88	37.8	
27.80	11.0	12.8	11.5	15.4	10.7	12.28	45.0	
30.80	6.8	6.5	6.8	7.0	—	6.78	22.0	
33.87	21.9	16.7	22.4	21.8	19.2	20.4	60.2	
26.20	6.6	7.7	7.8	9.2	—	7.83	29.9	
31.24	13.5	21.4	14.6	18.0	15.4	16.58	53.1	
35.95	20.4	20.3	20.6	21.3	20.8	20.66	57.5	
22.90	9.6	8.5	12.3	11.8	—	10.55	46.1	
25.22	11.0	11.0	14.2	15.7	11.4	12.66	50.2	
29.40	10.7	11.3	10.2	12.0	—	11.05	37.6	
33.02	14.8	14.7	14.8	12.9	—	14.30	43.3	
26.50	15.0	14.1	12.2	8.4	13.5	12.64	47.7	
28.14	15,7	15.1	13.6	20.1	13.2	15.54	55.2	
31.65	3.9	9.9	7.2	7.1	—	7.03	22.2	

Bodenart	Wasser in Volum-%	in Gewichts-%
Feinmoboden I	54	30.1
Feinmoboden II	58	30.6
Tonboden	60	34.3

Zur Kontrolle kann man die in den verschiedenen Fällen um die Erdpartikel herum gefrorene Wassermenge berechnen, indem man die

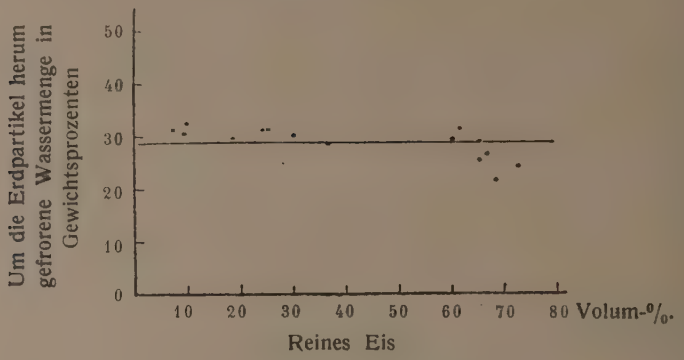


Abb. 16. (Feinmoboden I).

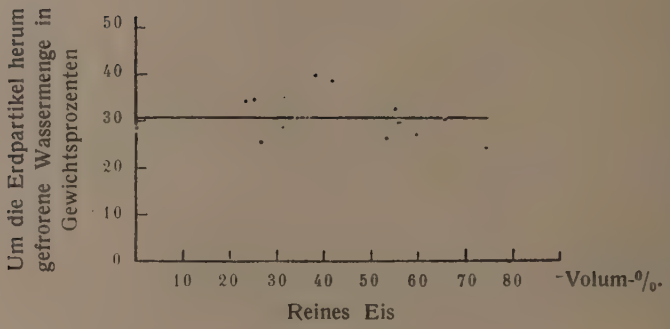


Abb. 17. (Feinmoboden II).

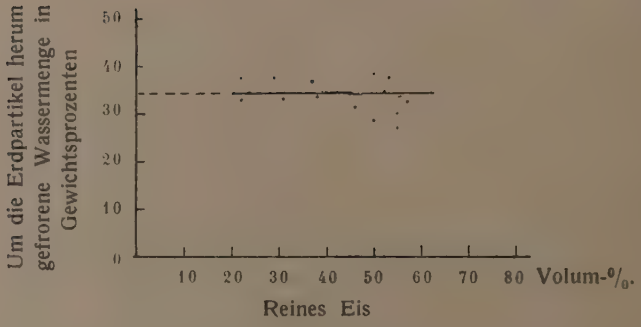


Abb. 18. (Tonboden).

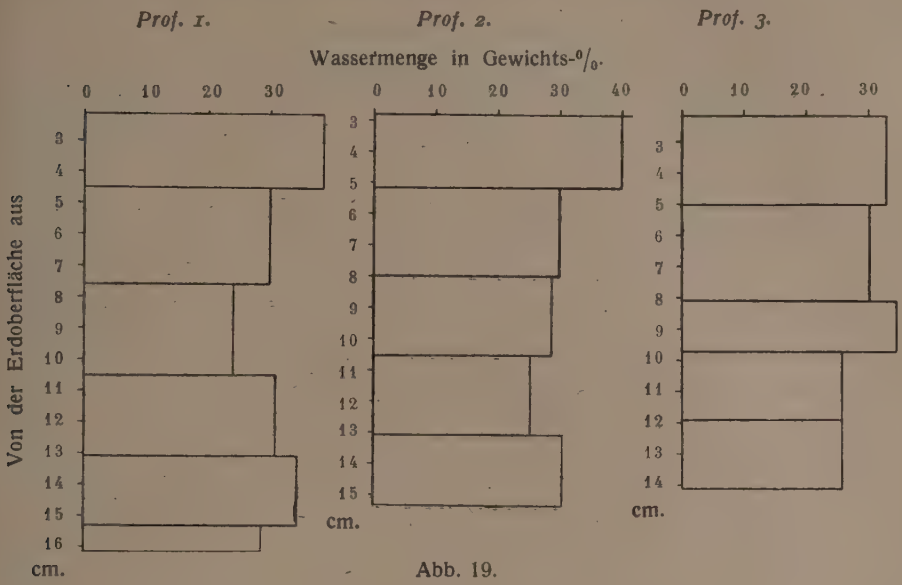


Abb. 19.

im vorigen erhaltenen Zahlen als spez. Gewicht des Eises annimmt. Man kommt dann zu folgendem Resultat:

Bodenart	Das herumgefrorene Wasser in Gewichtsprozenten[1]
Feinmoboden I	28.8 ± 3.0
Feinmoboden II	30.7 ± 3.9
Tonboden	34.3 ± 3.1

Wie aus den obenstehenden Zahlen zu ersehen ist, stimmen die durch die Zeichnungen und Berechnungen erhaltenen Zahlen gut überein.

Die Zeichnungen 16, 17 und 18 stellen das Verhältnis zwischen der um die Erdpartikel herum gefrorenen Wassermenge und dem reinen Eise in den verschiedenen Fällen dar. Die Linie entspricht dem Mittelwert. Die Zeichnungen dürften darauf hinweisen, dass, um so weniger

[1] Die Multiplikationen und Divisionen wurden mit dem Rechenlineal ausgeführt.

Wasser um die Erdpartikel herum gefriert, je mehr Eis vorhanden ist. In Abb. 19 kann man sehen, wie die um die Erdpartikel herum gefrorene Wassermenge in ein und demselben Profil variiert. Demnach wäre die betreffende Wassermenge in den unteren Bodenschichten geringer als in den oberen.

Aus dem Obigen geht hervor, dass jede Bodenart eine spezifische Wassermenge (Bodenfrostwassermenge) besitzt, die bei der Eisbildung um die Erdpartikel herum friert. Ist im Boden mehr Wasser als diese Menge vorhanden, so gefriert ihr Überschuss in isolierten, reinen Eisschichten.

Welche Bodenfrostart — massiver oder geschichteter Bodenfrost — im Boden entsteht, wird von dem Wassergehalt des Bodens bestimmt.

2. Die Bodenstruktur.

Ein weiterer, auf die Bodenfrostform einwirkender Faktor ist die Struktur des Bodens. Hierüber konnten jedoch infolge äusserer Bedingungen nur ganz allgemeine Beobachtungen neben den anderen Untersuchungen gemacht werden. Die Bodenstruktur wurde in folgender Weise klassifiziert:

in 1. die Einzelkornstruktur und
2. die Krümelstruktur
   a) gleichmässige und
   b) hohlräumige Bodenstruktur.

Der Boden mit der Einzelkornstruktur ist homogen, und seine Partikelchen liegen isoliert nebeneinander gelagert. In der Krümelstruktur haben sich die Erdpartikelchen zu kleinen Krumen zusammengeschlossen, welche entweder den gleichmässigen oder den hohlräumigen Boden bilden können.

Die folgende Tabelle gibt die in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen an.

Tabelle XII.

Beobachtung Nr.	Bodenstruktur	Bodenfroststruktur	Bemerkungen
Tuusula 1	Einzelkornstruktur homogen	geschichtet	Sand
» 2	»	»	»
» 3	»	schlecht geschichtet	»
» 3 a	»	geschichtet	»
Iisalmi 1	Einzelkornstruktur sehr homogen	massiv	Trockener Boden Moboden
» 1 a	»	geschichtet	»
» 2	»	»	»
» 3	Gleichmässige Krümelstruktur	hohlräumig	»
» 4	»	»	»
Iisalmi 1	Einzelkornstruktur homogen	geschichtet	Feinmoboden
» 2	»	»	»
» 3	»	»	»
» 4	»	»	»
» 5	»	»	»
Halikko 1	Einzelkornstruktur sehr homogen	»	Steifer Ton
» 2	»	»	»
» 3	»	»	»
» 4	»	»	»
» 5	»	»	»
Halikko 1	»	»	»
» 2	»	»	»
» 3	»	»	»
» 4	»	»	»
» 5	»	»	»
Mustiala 1	Gleichmässige Krümelstruktur	gleichmässig zusammenhängend	Ton
» 2	»	geschichtet	»
» 2 a	Poröse Bodenstruktur	hohlräumig	»
» 3	Gleichmässige Krümelstruktur	geschichtet	»
» 4	»	»	»
» 5	Poröse Bodenstruktur	hohlräumig	»
Paimio 1	Einzelkornstruktur homogen	geschichtet	Ton
» 2	»	»	»
» 3	»	»	»
Käpylä 1	Einzelkornstruktur	»	Sand

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der geschichtete Bodenfrost in sämtlichen Mineralbodenarten auftritt, wo die Erde Einzelkornstruktur oder gleichmässige Krümelstruktur hat. Der hohlräumige Bodenfrost ist nur bei sehr poröser Erde möglich. Der massive Bodenfrost kommt nur in einzelkörniger Erde bei geringem Wassergehalt vor.

Zusammenfassend kann über die oben behandelten, auf den Bodenfrost einwirkenden Faktoren angegeben werden:

1) Der Wassergehalt bestimmt bei einzelkörnigem Boden, ob der Bodenfrost massiv oder geschichtet ist.

2) Die Struktur des Bodens bedingt allein das Auftreten des hohlräumigen Bodenfrostes.

3) In Böden mit Krümelstruktur kann sowohl geschichteter als auch hohlräumiger Bodenfrost entstehen, ersterer in Böden mit gleichmässiger Krümelstruktur, wobei zweierlei Eisschichten, unregelmässige und zusammenhängende vorkommen, letzterer bei porösem Boden.

Abb. 20. Kammeisfläche. Sandboden. Massstab 1 : 10. Käpylä 28. I. 25.

Abb. 21. Kammeisabhang. Eisnadeln liegend. Sandboden. (Massstab 1 : 18). Käpylä 28. I. 25.

Abb. 22. Kammeis: a) ältester Teil, Dicke 13.5 cm; b) eine Nacht altes Kammeis, Dicke 5.5 cm; c) nackte Erde. Käpylä 29. I. 25.

Abb. 23. Kammeis. Die undeutlichen Teile der Nadeln sind Sand. Massstab 1.1: 1. Käpylä 29. I. 25.

Abb. 24. Kammeisstück. Höhe 13.5 cm. Obenauf 1 mm starke unebene Erdschicht. Die Eisnadeln wenigstens in 3 verschiedenen kalten Perioden entstanden; die älteste a, dann b und die jüngste c. Käpylä 28. I. 25.

Abb. 25. Im Verlaufe einer Nacht entstandenes Kammeis. Mit dem Eis ist viel Sand emporgehoben worden. Massstab 1 : 2. Käpylä 29. I. 25.

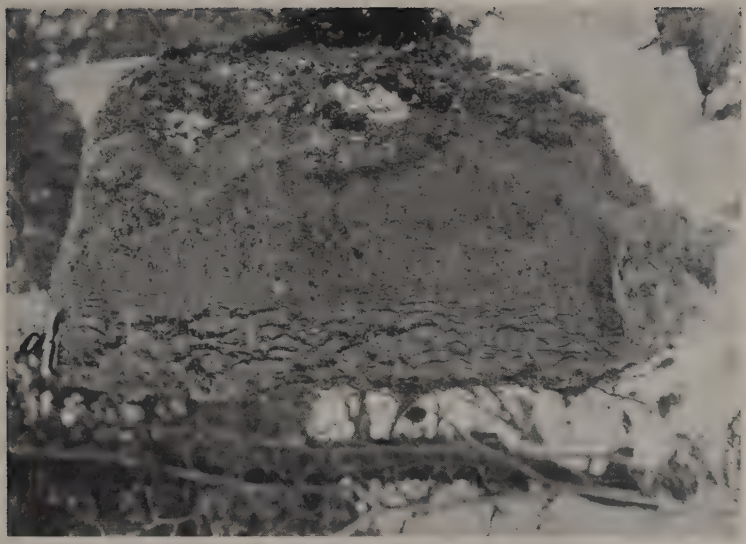


Abb. 26. Bodenfrost in Sandboden. Dicke Eisschichten (a) am unteren Rande des Bodenfrostes. Dicke des Bodenfrostes 18 cm. Tuusula, Versuchsgebiet Ruotsinkylä 23. III. 25.

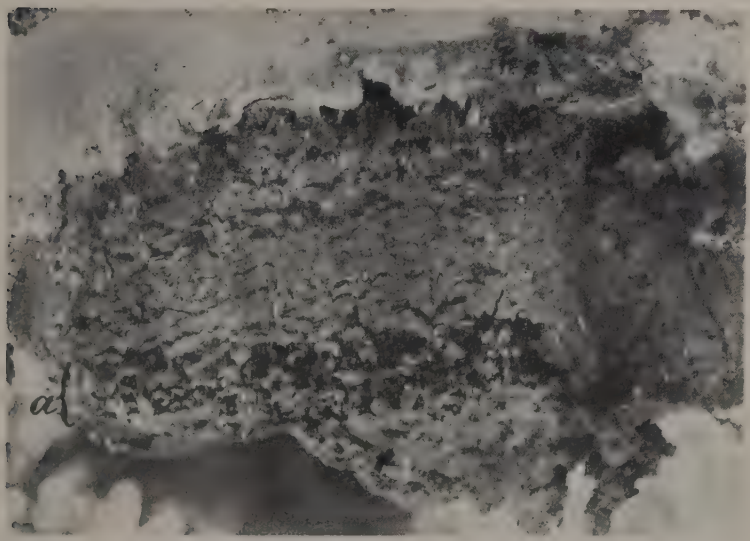


Abb. 27. Geschichteter Bodenfrost in Sandboden. Eine ausserordentlich starke Eisschicht (a) am unteren Rande des Bodenfrostes. Dicke des Bodenfrostes 16 cm. Tuusula, Versuchsgebiet Ruotsinkylä 23. IV. 25.

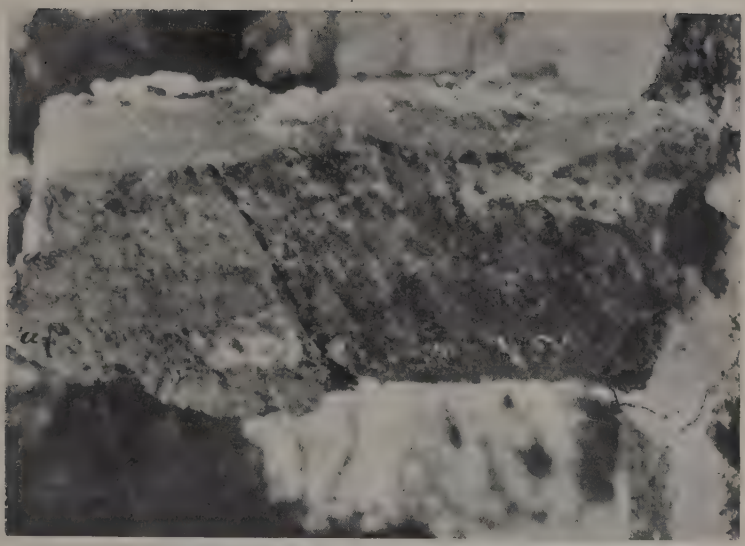


Abb. 28. Geschichteter Bodenfrost in Sand- und Torfboden. Die Eisschichten (a) auf dem Bilde weiss, teilweise schwarz. Die punktierte Linie Grenze zwischen dem torfuntermischten und dem Sandboden (links). Dicke des Bodenfrostes 16 cm. Tuusula, Versuchsgebiet Ruotsinkylä 23. III. 25.

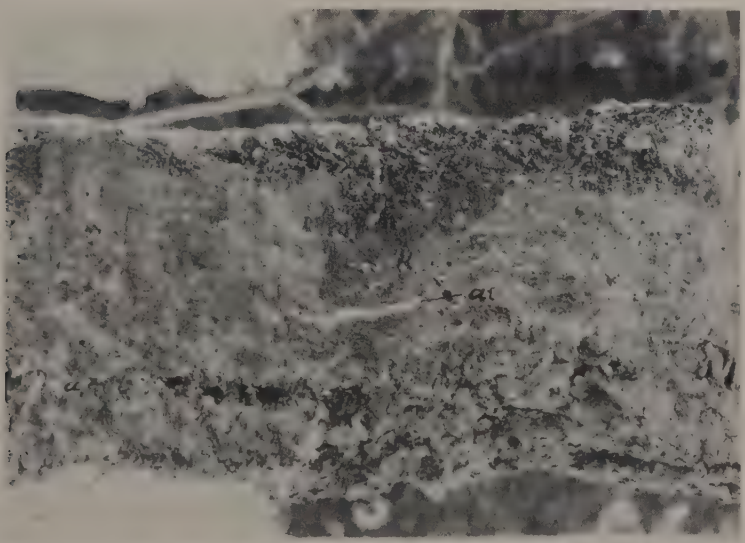


Abb. 29. Geschichteter Bodenfrost in Sandboden. Die Eisschichten (a) teils weiss, teils schwarz. Dicke des Bodenfrostes 17 cm. Tuusula, Versuchsgebiet Ruotsinkylä 23. III. 25.

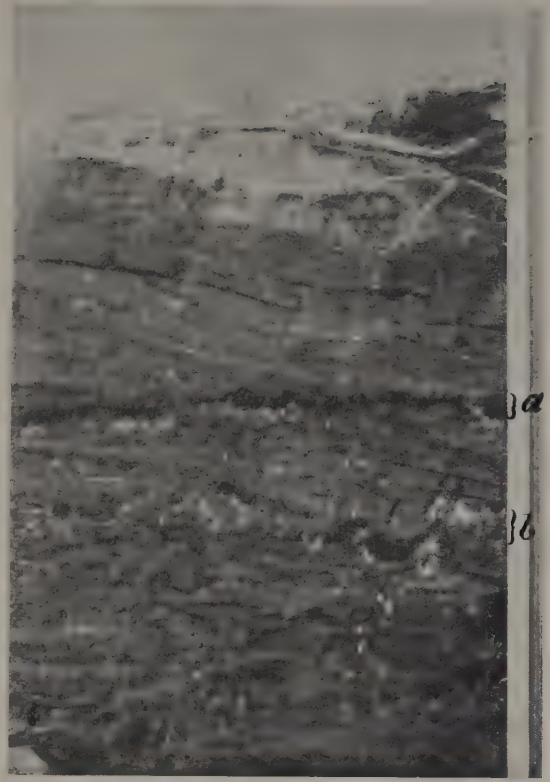


Abb. 30. Bodenfrost in Moboden. Krumenschicht 0—12 cm. Im Schnitt sind 2 Eisschichten zu sehen, von denen die oberste (a) ziemlich breit und deutlich und die unterste (b) undeutlich erscheint. Iisalmi 14. I. 25.

Abb. 31. Bodenfrost in Moboden. Aus demselben Schnitt wie der vorige, nur tiefer, der obere Rand 12 cm, der untere 24 unter der Erdoberfläche. In der Mitte eine starke Eisschicht, sonst massiver Bodenfrost. Axtspuren sichtbar, da Säuberung mit dem Messer versäumt wurde. Iisalmi 14. I. 25.

Abb. 32. Bodenfrost in Moboden. Aus demselben Schnitt wie die beiden vorigen, jedoch vom unteren Rand des Bodenfrostes, 24—36 cm tief unter der Erdoberfläche. Im oberen Teil des Bildes 2 einander folgende Eisschichten. Der übrige Teil massiver Bodenfrost, in dem kleine, mehr oder weniger wagrechte, dünne, schwarze Eisstreifen sichtbar sind. Der schwarze Schrägstreifen und die schwarzen Partikel sind Reste von Eisenniederschlag. Iisalmi 14. I. 25.

Abb. 33. Bodenfrost in Feinmoboden. Ausgesprochen geschichteter Bodenfrost. Schwarz und weiss Eis, grau Erde. Massstab 1 : 1.4. Iisalmi 14. I. 25.

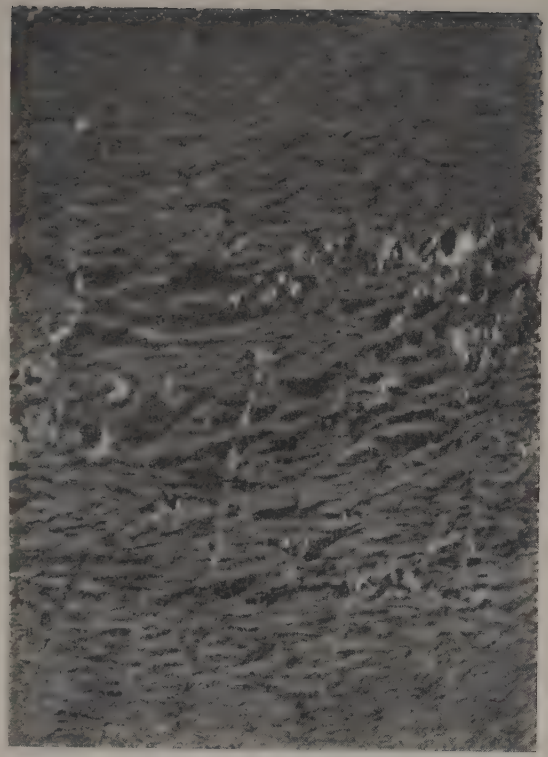


Abb. 34. Geschichteter Bodenfrost in Feinmoboden. Die schwarzen (u. weissen) Streifen sind Eis, die grauen Erde. Massstab 1 : 1. Iisalmi 14. I. 25.

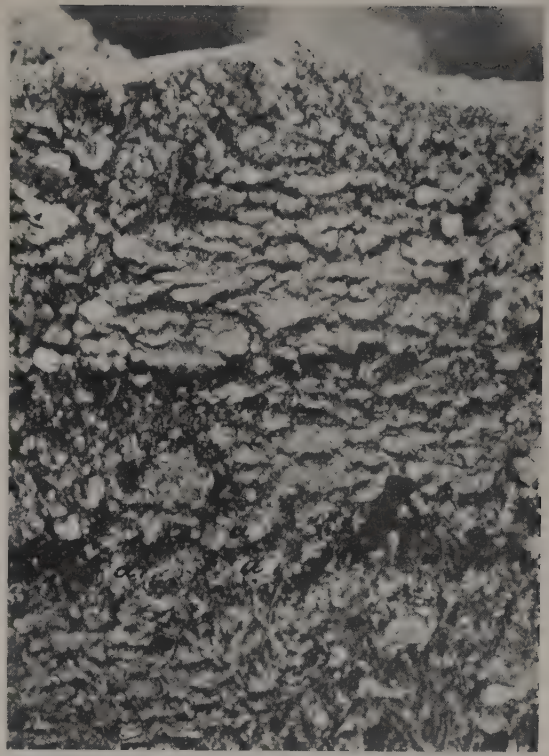


Abb. 35. Geschichteter Bodenfrost in Feinmoboden. Kultivierte Mullerdschicht 0—11 cm von der Erdoberfläche aus. Die Schnittfläche war nach der Glättung, bevor sie photographiert wurde, während einer Nacht der Luft ausgesetzt, wobei aus dem Boden Wasser verdunstete und die Erde fast weiss färbte. Schwarz = Eis, beim Buchstaben a liegt Schnee an der Eisfläche, daher die undeutlichen weisslichen Schuppen. Massstab 1 : 1. Iisalmi 15. I. 25.

Abb. 36. Aus Feinmoboden ausgesägte Bodenfrostprismen. Die von der Säge herrührenden Ritzen sind schwarz von oben nach unten. Massstab 1 : 1. Iisalmi 14. I. 25.

Abb. 37. Hohlräumiger Bodenfrost in Feinmoboden. Krumenschicht 0—11 cm von der Erdoberfläche. Weiss = Eis. Massstab 1 : 1. Iisalmi 14. I. 25.

Abb. 38. Erstmaliger Bodenfrost in Tonboden. Die Eisschichten im allgemeinen wagrecht. Halikko 26. I. 25.

Abb. 39. Erstmaliger Bodenfrost in Tonboden. An der Oberfläche (a) zertrümmerter »Maschenbodenfrost», darunter geschichteter Bodenfrost. Halikko 25. I. 25.

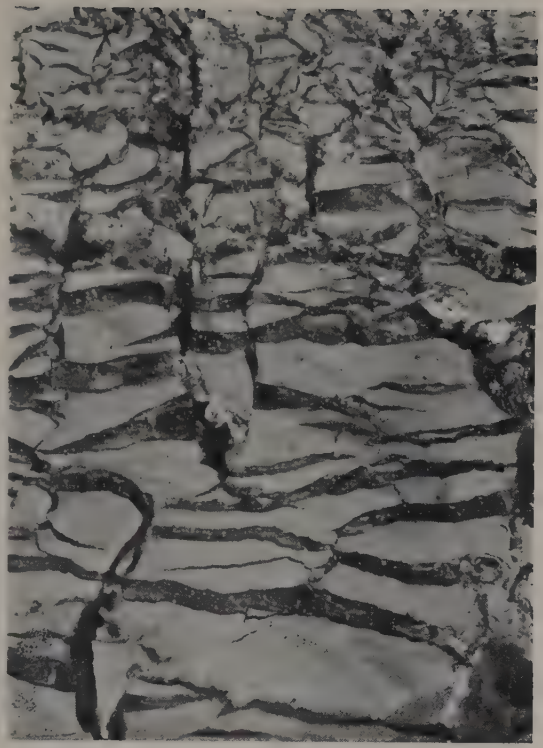


Abb. 40. Erstmaliger geschichteter Bodenfrost in Tonboden. Graue Erde. Massstab 1 : 1. Halikko 27. I. 25.

Abb. 41. Erstmaliger geschichteter Bodenfrost in Tonboden. Massstab 1.08 : 1. Halikko 27. I. 25.

Abb. 42. Bodenfrostschnitt in steifem Ton. Die Eisschichten treten sehr deutlich als schwarze Streifen hervor. Erdmaterial grau. Massstab 1 : 3.03. Paimio 30. XI. 25.

Abb. 43. Ausgesägte Bodenfrostprismen, etwa 3 cm hoch und breit. Massstab 1 : 2.7. Paimio 1. XII. 25.

Abb. 44. Bodenfrostschnitt in steifem Ton. Besonders bemerkenswert ist die Auflösung eines Eisenniederschlags durch Einwirkung des Gefrierens des Bodens. Massstab 1 : 1. Paimio 1. XII. 25.

Abb. 45. Bodenfrostschnitt in steifem Ton. Eis dunkel oder hell. Massstab 1 : 1. Paimio 30. XI. 25.

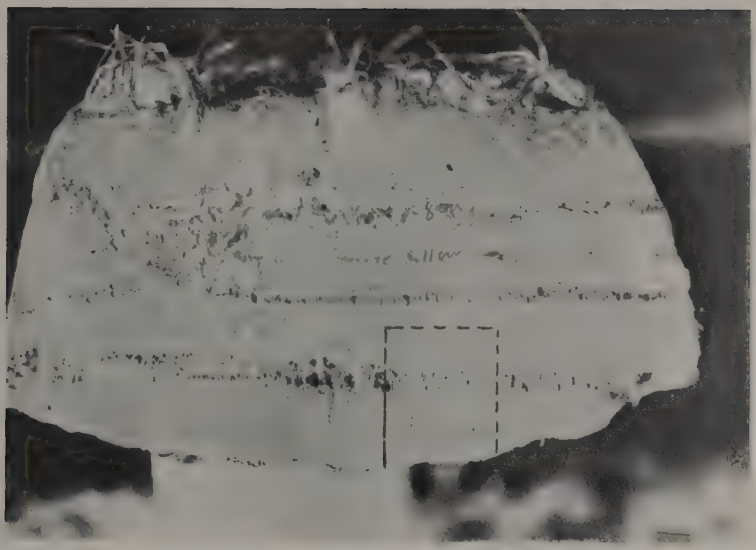


Abb. 46. Bodenfrostschnitt in steifem Tonboden. Die Eisschichten (vier) sind sehr deutlich als mit der Erdoberfläche parallel verlaufende schwarze Streifen sichtbar. Oben in der Ecke links hohlräumiger Bodenfrost. Massstab 1 : 5. Mustiala 14. III. 25.

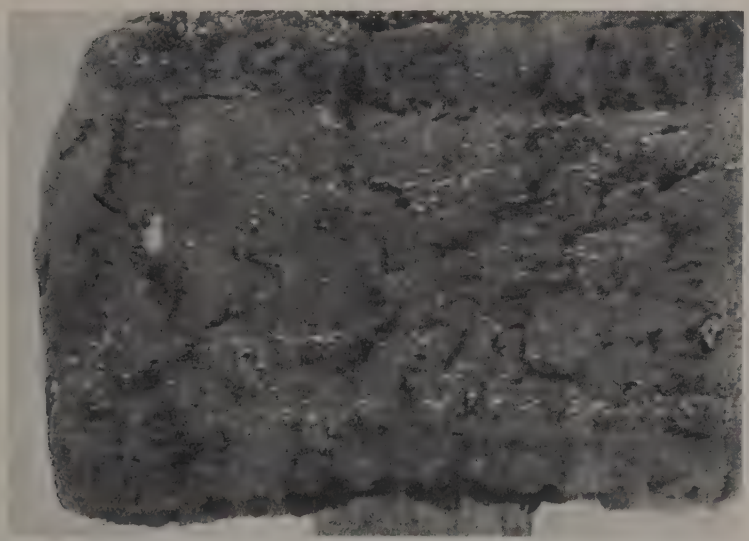


Abb. 47. Bodenfrostschnitt in Mo-Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 26 cm. An der Oberfläche (a) massiver Bodenfrost, in der Mitte (b) massiv-hohlräumiger Bodenfrost, zu unterst c undeutlicher geschichteter Bodenfrost. Massstab 1 : 3.7. Mustiala 14. III. 25.

Abb. 48. Aus demselben Querschnitt wie Abb. 46 (punktierte Stelle). Eine dicke (20 mm) zusammenhängende Eisschicht (a), in der die senkrechte Nadelstruktur vorzüglich zu sehen ist. Massstab 1 : 1. Mustiala 14. III. 25.

Abb. 49. Bodenfrostschnitt in Tonboden. Der Tonboden im oberen Teil des Bildes sieht wie leicht geschichteter, im mittleren Teile wie grosse Lufthohlräume (schwarz) und viel Eis (weiss) enthaltender hohlräumiger Bodenfrost aus. Massstab 1:1. Mustiala 14. III. 25.

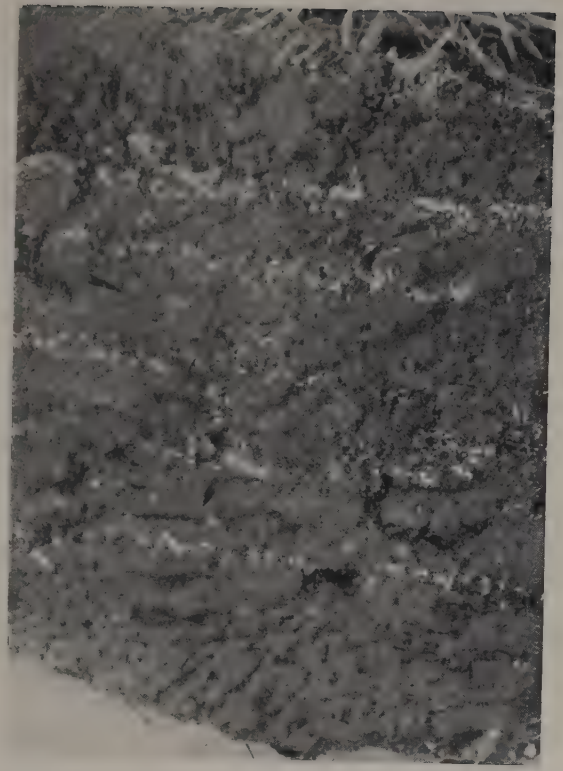


Abb. 50. Bodenfrostschnitt in Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 26 cm. Die Eisschichten erscheinen als weisse Streifen. Zwischen den Schichten massiver und hohlräumiger Bodenfrost. Massstab 1 : 2.6. Mustiala 14. III. 25.

Abb. 51. Bodenfrostschnitt in Mo-Tonboden. Dicke des Bodenfrostes 38 cm. Eis weiss. Poröser Bodenfrost. Massstab 1 : 1.5. Mustiala 14. III. 25.

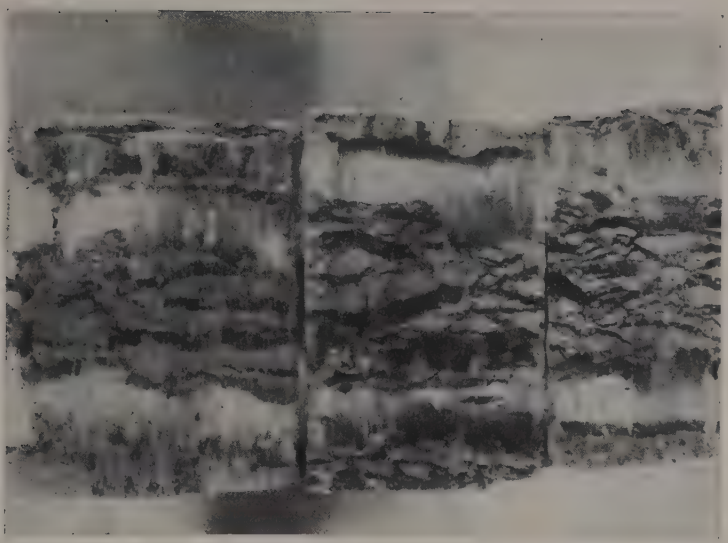


Abb. 52. Bodenfrostwürfel. Feinmoboden. Schwarz und weiss = Eis, zwei breite Eisschichten, die eine im oberen und die andere im unteren Teil. Massstab 1 : 1. Iisalmi 7. I. 26.

Abb. 53. Abgelöstes Bodenfroststück. Das Bodenfroststück steht auf der Kante. Seine Dicke ist 46 cm, sein Gewicht etwa 360 kg. Im unteren Teil des Bodenfrostes besonders dicke Eisschichten, denen die in Abb. 52 dargestellten Stücke entnommen sind. Iisalmi 7. I. 26.

EIN DENDROMETER

VON

ERIK LÖNNROTH

HELSINKI 1926

HELSINKI 1926
SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINON OY.

Das hier beschriebene Instrument zum indirekten Messen der Stärke und der Höhe stehender Stämme konstruierte Verfasser im Sommer 1913. Die Theorie desselben wurde erstmals in der Sitzung der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft Finnlands am 20. Februar 1914 vorgelegt (vgl. A. K. CAJANDER 1917, Suomen Metsätieteellisen Seuran toiminta v. 1909—1917. Acta forest. fenn., 7, S. 113—114). Erst nach dem Kriege konnte das Instrument gebaut werden; Verfertiger war O/Y Metsäkone in Lahtis (Finnland).

Von den zwei Grundsätzen, nach denen die Visiertangenten bei der mittelbaren Stammstärkenmessung zu ordnen sind — dem Prinzip der unter sich parallelen oder dem der von einem Punkt ausgehenden, diskordanten Tangentenstrahlen —, ist bei dem vorliegenden Dendrometer das letztere zur Anwendung gekommen.[1]

Aus mehreren Gründen, von denen weiter unten die Rede sein wird, ist bei der näheren Konstruktion des Stärkenmessers das bekannte »Richtrohr» von PRESSLER zum Ausgangspunkt gewählt worden.[2] Der indirekte Höhenmesser, der zu dem auf dieser Grundlage entwickelten Hauptteil des fraglichen Instruments hinzuzufügen war, ergab sich danach ziemlich von selbst.

Ein Dendrometer, dessen indirekte Stärkenmessung nach dem Prinzip der von einem Punkt ausgehenden Visiertangenten eingerichtet wird, muss sich folgenden drei Hauptforderungen anpassen: 1) dem variierenden horizontalen Grundabstand zwischen Taxator und Baum, 2) der variierenden Durchmesserhöhenlage am Stamme, d. h. der variierenden schiefen Visierstreckenlänge im Verhältnis zur horizontalen Grundentfernung, und 3) dem variierenden Durchmesser selbst.

---

[1] Auf die zwei erwähnten Theorien an sich braucht hier nicht näher eingegangen zu werden.

[2] M. R. PRESSLER 1857, Neue holzwirthschaftliche Tafeln. Dresden. (Ausgabe A, S. 165—166; Ausgabe B, S. 189—190.) — Ders. 1865, Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirthschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. Leipzig. (S. 143—147.)

Die Anpassung des hier zum Grundvorbild genommenen PRESSLER'schen Richtrohrs an diese Anforderungen bei der Visierhandlung geschieht:[1] a) durch Ausziehen des ersten Auszugsrohrs bis auf die von dem Anvisieren des Grunddurchmessers im Verhältnis zu der horizontalen Ausgangsstellung bedingte verlängerte Rohrlänge, b) durch Einstellung der zwei Visierbacken auf die von dem Grunddurchmesser, von der korrigierten Rohrlänge und von dem Abstand zwischen dem Taxator und dem Grunddurchmesser bedingte gegenseitige Lage, und c) durch weiteres Ausziehen des Visierrohrs in die von dem gesuchten neuen Durchmesser und der diesem entsprechenden, ebenfalls neuen Visierstrecke geförderte neue Diopterlänge.

Das Richtrohr passt sich also an: 1) dem variierenden horizontalen Grundabstand im Verhältnis zum gegebenen Grunddurchmesser und zur gegebenen Grundlänge des Rohrs durch Verschiebung der Visierstifte, und 2) sowohl der Veränderung (Verlängerung) der schiefen Visierstrecken (im Verhältnis zum horizontalen Grundabstand) wie 3) der Veränderung (Verkleinerung) des gesuchten neuen Durchmessers (im Verhältnis zum Grunddurchmesser), beide durch Veränderung (Verlängerung) des Visierrohrs.

Über die Anwendung des PRESSLER'schen Richtrohrs zu dem fraglichen Zweck sei noch besonders bemerkt: a) dass die Backen während der Visierhandlung fest in der eingestellten Grundlage verbleiben, b) dass weder die Entfernung zwischen Taxator und Baum noch die der Backen voneinander bekannt zu sein brauchen, soweit es sich nämlich nur um die obenerwähnte Durchmesserrelation handelt (vgl. Fussnote unten), c) dass dagegen, falls die Handlung weiter z. B. eine Stammkubierung bezweckt, erstens der Grunddurchmesser direkt (z. B. mit einer Kluppe) zu messen und zweitens die sog. Richthöhe mit Hilfe eines besonderen Hypsometers abzuschätzen ist, was weiter entweder

[1] Wie bekannt, ist das PRESSLER'sche Richtrohr vom Jahre 1865 aus 4 Rohrstücken, 1 Hauptstück und 3 gradierten Auszugsrohren zusammengesetzt. An seinem offenen stärkeren Ende ist der Tubus mit zwei zueinander wagrecht gestellten beweglichen Visierstiften oder -backen und an dem mit einem Deckel verschlossenen verjüngten Auszugsende mit einem kleinen Okularloch versehen. Die Backen sind ausserdem durch eine bewegliche Blenderhülse geschützt. Das PRESSLER'sche Richtrohr ist ein stativloses Handinstrument.

PRESSLER konstruierte seinen Baummesser bekanntlich zum Aufsuchen des sog. Richtpunktes. Das Richtrohr bezweckte somit eigentlich nur, eine bestimmte R e l a t i o n zwischen zwei verschiedenen Durchmessern zu markieren.

eine Bestimmung des fraglichen Abstands von dem Baum oder die Anwendung einer Höhenziellatte voraussetzt, d) dass die Lage des zweiten (kleineren) Durchmessers theoretisch nicht durch eine einzige Visierhandlung bestimmt werden kann, sondern durch oszillatorische, probeweise Abschätzungen aufgesucht werden muss, und e) dass zur Bestimmung der verschiedenen, von den schiefen Visierstrecken bedingten Verlängerungen des Richtrohrs die bezüglichen Elevationswinkel zu messen sind, was wieder mit einem besonderen Instrument (z. B. mit dem Pressler'schen sog. Messknecht)[1] gemacht werden muss. — Die Anwendung des Pressler'schen ursprünglichen Richtrohrs zu der mittelbaren Stammstärkenmessung ist somit recht umständlich. —

Eine Entwicklung des Pressler'schen Richtrohrs und dabei eine konstruktiv andere Lösung der erwähnten Aufgaben bietet z. B. das Dendrometer von Wimmenauer.[2] Der Stärkenmesser dieses Instruments wird sowohl in betreff des abzuschätzenden Durchmessers wie des schiefen Visierabstands überhaupt allein durch Verschiebung der zwei beweglichen Visierschrauben akkommodiert. Nach Ablesung der Entfernung zwischen den zwei Visierschrauben und ferner des schiefen Visierabstands (auf dem gemäss der gemessenen horizontalen Standlinie eingestellten Instrumentenhöhenmesser) kann der fragliche Durchmesser auf Grund noch zweier von der Ausführung des Instruments abhängigen Faktoren berechnet werden.

Eine weitere, prinzipiell verschiedene Entwicklung dieser Problemlösung ergibt sich aus der Saxlaville'schen Dendrometerkonstruktion.[3] Dieses Instrument wird zuerst in Relation zu der (schiefen) Entfernung des Okulars vom Fusse des Baumes (durch Vermittlung einer Ziellatte) eingestellt. Diese Einstellung geschieht dadurch, dass man dem Diopter sowohl eine diesbezügliche Grundrichtung wie eine Grundlänge im Verhältnis zu dem benutzten Dioptermassstab gibt. Die weitere, die Höhenlage des abzuschätzenden Durchmessers bezweckende Diopterlänge wird danach vom Instrument selbst proportional zu dem bezüglichen schiefen Visierabstand gegeben, wenn man nur das Diopterobjektiv, durch Verschiebung längs dem vertikalen Höhenmassstab, in die

[1] M. R. Pressler z. B. 1857, l. c. (Ausgabe A, S. 201—213; Ausgabe B, S. 225—237.)

[2] K. Wimmenauer 1896, Baummesser mit Fernrohr. Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. (S. 222.) — Ders. 1898, Baummesser mit Fernrohr. Ibid. (S. 144.)

[3] Saxlaville 1870. (M. f. d. F. u. J.) (S. 254.) Nach U. Müller 1923, Lehrbuch der Holzmesskunde. 3. Aufl. Berlin. (S. 150—152, 191.)

fragliche Richtung einstellt. Der gesuchte Durchmesser wird schliesslich durch entsprechende Verschiebung der einen diesbezüglichen Visierbacke gefunden.

Beide beschriebenen Dendrometer sind mit einem Stativ zu benutzen.

Diese zwei Dendrometerkonstruktionen sind hier — abgesehen davon, dass sie zwei verschiedene Entwicklungen der PRESSLER'schen Grundidee repräsentieren und somit schon an sich von Interesse sind, — speziell als Vertreter zweier diesbezüglichen Stärkenmesserkategorien von prinzipiell verschiedener Anwendungsart und verschiedenem Erfolg angeführt.

Von diesen erfüllt nämlich der SANLAVILLE'sche Typ theoretisch exakt die zwei Hauptanforderungen eines indirekten Stammstärkenmessers, nämlich: 1) das mittelbare Messen von Durchmessern in gegebenen Höhenlagen, und 2) das Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme, — wogegen die andere Dendrometerkategorie, welche hier durch das WIMMENAUER'sche Instrument vertreten war, die zweiterwähnte Aufgabe nicht ohne weiteres erfüllen kann. Nur durch oszillatorische, probeweise Abschätzungen nach Art der Anwendung des PRESSLER'schen Richtrohrs (vgl. weiter oben) kann diese Anforderung auch mittels eines solchen Instruments annäherungsweise befriedigt werden.

* * *

Bei dem Bestreben, ein Dendrometer zu schaffen, welches die zwei genannten Probleme vollgültig lösen würde, dabei aber, wie das PRESSLER'sche Richtrohr, ein Freihandinstrument wäre und somit eine noch weitere und in bezug auf Bequemlichkeit und Leichtigkeit der Handhabung vollkommenere Entwicklung des PRESSLER'schen Baummessers bedeutete, ist Verf. folgendermassen verfahren.

Der PRESSLER'sche Tubus wurde als solcher beibehalten. Er ist vierteilig und unbewaffnet, hat die zwei wagrecht gestellten Visierbacken, das Okularloch und die Blenderhülse (hier fest) wie bei dem Rohr PRESSLER's. Die Länge des Rohrs ist auch ungefähr dieselbe, nämlich voll ausgezogen etwas über 50 cm (die Blenderhülse nicht mitgerechnet) und ganz zusammengeschoben ca. 15 cm. Die längste effek-

tive Länge ist $3\,^1/_2$ mal grösser als die Grundlänge. Das Rohr des Verf. besteht aus Metall. Fig. 1—4.[1]

Sowohl der variable horizontale Abstand zwischen Taxator und Baum wie der variierende Stammdurchmesser werden beide bei diesem Instrument ausschliesslich durch Veränderung der effektiven Rohrlänge erfasst.

Hieraus folgt u. a., dass die gegenseitige Entfernung der zwei Visierbacken in bezug auf diese beiden variablen Grössen fest bleibt. Wie dieser prinzipielle Beginn des Konstruktionsprogramms ferner die Konstruktionslösung des Problems über die variierende Höhenlage des Durchmessers beeinflusst, wird weiter unten gezeigt.

Wird ganz allgemein der Stammdurchmesser mit D, sein Abstand vom Diopterokular mit L und die Entfernung der Visierbacken voneinander mit d bezeichnet, so wird die hierzu erforderliche Diopterlänge l auch ganz allgemein durch die Formel

$$l = d\,\frac{L}{D}$$

berechnet. Vgl. den untersten Konstruktionsteil in Figur 10.

Im Hinblick auf die erfahrungsgemässe Tatsache, dass der durchschnittlich vorteilhafteste Horizontalabstand zwischen Taxator und Baum bei der indirekten Stammstärkenmessung (nicht Vollhöhenmessung), — wenn es sich um annähernd volldichte und haubare Bestände sowie unbewaffnete Instrumente handelt —, etwa $\pm$ 10 m ist, ist der Diopter des Visierrohrs in bezug auf den gleich oben formulierten Punkt des Konstruktionsprogramms (somit auch in bezug auf eine bis auf weiteres horizontale Visierlinie) folgendermassen eingerichtet:[2]

1) die grundkonstante Entfernung zwischen den Visierbacken ist mit 6,5 mm festgelegt,
2) die längste effektive Diopterlänge entspricht auf einer 8-metrigen horizontalen Standlinie einem Stammdurchmesser

[1] Die Genauigkeit des Instruments an sich beim Anvisieren ist somit dieselbe wie bei PRESSLER's Richtrohr und braucht also hier nicht näher erörtert zu werden.

[2] Das vorliegende Instrument ist hauptsächlich für praktisch-taxatorische Zwecke, speziell im Hinblick auf die mässigen benutzbaren Längen und die gewöhnlichen Nutzstärken der nordischen Waldbäume gebaut.

von 10 und die kürzeste einem solchen von 35 cm — und somit auf einer 12-metrigen Linie entsprechend einem Durchmesser von 15, bzw. 52,5 cm.

Diese zwei Standlinien, die im allgemeinen allen billigen Ansprüchen genügen dürften, sind in betreff des Stammdurchmessers durch Zentimeter- und englische Zollskalen an dem Visierrohr zum Ausdruck gebracht, — die eine Skala auf der einen Seite des Rohrs, die andere auf der anderen Seite. In Fig. 1 ist die Durchmesserskala der 8-metrigen Standlinie ersichtlich (wo also die oberen Ziffern die Zentimeter- und die unteren die Zollskala markieren).. Vgl. Fig. 9 sowie Tabelle I.

Will man unbedingt noch andere Standlinien benutzen, so bieten z. B. die Hälfte des 12-metrigen Abstandes und die Verdoppelung der 8-metrigen Standlinie oft zwei gute Entfernungen dar, auf welchen die eingeritzten Skalen auch sehr leicht anzuwenden sind. Auch die eventuellen sonstigen Skalenumrechnungen sind ja (speziell für 4- und 24-metrige Standlinien) sehr einfach. Überdies können ja auch noch andere Abstands-Durchmesserskalen als die der 8- und 12-metrigen Standlinien an dem Tubus eingeritzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht solche Entfernungen gewählt werden, auf welchen der Tubusdiopter nicht mehr den erforderlichen Durchmessern zu entsprechen vermag.

Hiernach wäre das Problem der variierenden schiefen Visierstrecke in Relation zur horizontalen Standlinie zu lösen.

Zur Erfüllung dieser unbequemsten der drei obenerwähnten Dendrometeranforderungen ist hier der Zwischenraum der zwei Visierbacken allein zur Verfügung gestellt, was auch dadurch ermöglicht wird, dass die zwei anderen kritischen Fragestellungen schon auf anderem Wege gelöst worden sind.

Durch eine Verminderung dieses Backenabstands, die sachlich der Verlängerung der Visierlinie entspricht, kann die letzterwähnte Veränderung natürlicherweise aus dem Visierproblem eliminiert werden. Darin liegt freilich auch nichts Neues, — dieselbe Korrektion enthält ja auch z. B. das obenerwähnte WIMMENAUER'sche Instrument.

Eine andere Sache ist dagegen, dass eine (z. B. die WIMMENAUER'sche) einfache Handverschiebung der Backen gegeneinander keine Verbesserung der früheren Dendrometer dieses Typs bedeuten würde und hier

auch keine Lösung der oben angeführten zweiten wichtigen Aufgabe eines theoretisch vollkommenen Dendrometers ergeben könnte. Die Lösung muss deshalb jetzt ganz anders gemacht werden, und tatsächlich kulminiert die ganze Frage eines erfolgreichen neuen Dendrometers gerade in diesem Punkt des Konstruktionsprogramms.

Es ist auch gelungen, eine diesbezügliche erwünschte Lösung durchzuführen. Durch Vermittlung der Schwerkraft ist eine selbsttätige Backenverschiebung zustandegekommen, mittels welcher die ganze Frage über die Visierstreckenverlängerung durch schiefes Anvisierens tatsächlich eliminiert werden kann. Dies geschieht auf folgende Weise.

Wird ein bestimmter Stammdurchmesser mit D, die gewählte horizontale Standlinie mit L, die durch einen Elevationswinkel α kennzeichnete schiefe Visierstrecke mit L', die Grundentfernung zwischen den Visierbacken mit d, die dem angenommenen Durchmesser, der horizontalen Standlinie und dem gegenseitigen grundkonstanten Backenabstand entsprechende Rohrdiopterlänge mit l und der von der schiefen Visierentfernung im Verhältnis zu dem angenommenen Durchmesser und der schon berechneten und festgehaltenen Diopterlänge bedingte neue gegenseitige Backenabstand mit d' bezeichnet, so geht aus der oben angeführten Gleichung (S. 7) ohne weiteres hervor (vgl. Fig. 10), dass

$$d' = \cos\alpha \cdot d$$

sein muss, weil ja

$$L' = \sec\alpha \cdot L$$

ist. Will man also die besprochene Verlängerung der Visierstrecke durch eine entsprechende Verkleinerung des gegenseitigen Backenabstands eliminieren, so muss diese Verkleinerung dem Kosinus des Elevationswinkels gemäss vorgenommen werden.

Eine demgemässe Vorrichtung, die eine automatische diesbezügliche Backenabstandsverkleinerung leistet, ist dem Instrument angefügt.

Auf der einen Seite des Visierrohrs ist ein beweglicher Pendel angebracht (Fig. 1—5), der bei der Anwendung des Instruments beständig eine lotrechte Lage einnimmt. Die Achse, um die sich der Pendel dreht, liegt auf dem Rohr genau über den zwei Visierbacken und somit auch parallel mit diesen.

An dem Pendel, in der Höhe der Visierbacken, ist ein Bogenschenkel, der ungefähr 155° umfasst, angebracht. Auf der querliegenden Bogenplatte dieses Schenkels ist eine Kurvenspalte eingeschnitten, die exakt der obenangeführten vorletzten Gleichung (sowohl für einen Elevationswinkel nach oben wie nach unten) entspricht. Vgl. Fig. 7, wo diese Spalte sowohl in der ursprünglichen gestreckten als in der dem Instrument angepassten gebogenen Gestalt der Platte veranschaulicht ist. Ferner ist der Visierstift, der sich auf derselben Seite wie der Pendel befindet und beweglich gehalten ist, mit einen nach unten zeigenden Knopf oder Haken versehen, der seinerseits in der erwähnten Schenkelspalte läuft. Der andere Visierstift sitzt fest.[1]

Die Krümmung der fraglichen »Kosinuskurve» ist ihrerseits durch folgende Berechnungen in der Platte eingeschnitten:

Wird der Radius des Schenkelbogens mit r und werden die Koordinaten der Kosinuskurve in einem rechtwinkligen Koordinatensystem, wo sich die Origo in dem niedrigsten Punkt der Kurve (der Horizontallage des Visierrohrs entsprechend) befindet und in betreff welches sich die Kurve symmetrisch nach beiden Seiten biegt, mit x (Länge des Kreisbogens der gestreckten Schenkelplatte) und y (Mass der Verkleinerung des Backenabstands) bezeichnet (vgl. Fig. 7), so hat man

$$\begin{cases} x = \pi r \frac{\alpha}{180}, \\ y = d(1 - \cos \alpha). \end{cases}$$

Bei dem vorliegenden Instrument ist $r = 25$ mm und, wie erwähnt, $d = 6{,}5$ mm. Vgl. Tabelle II.

Bei dem Heben oder Senken des Instruments aus der Horizontallage (vgl. z. B. Fig. 5, 9 und 10) verschiebt sich also der kleine Haken des Visierstifts längs der Spalte. Durch die Seitenkrümmung der Spalte nimmt der fragliche bewegliche Visierstift somit eine der obengenannten diesbezüglichen Formel entsprechende Lage im Verhältnis zu dem zweiten festen Visierstift ein, wodurch weiter die in Rede stehende Verlängerung der Visierstrecke automatisch eliminiert wird. Lässt man umgekehrt das Instrument aus der schiefen Lage der Horizontalstellung entgegen-

[1] Es wäre natürlich unnütz gewesen, beide Backen beweglich zu machen, da ja der gewünschte Effekt durch diese einfachere Anordnung erzielt wird. Die geringe Schiefheit bei dem Anvisieren, die auf diese Weise entsteht, macht praktisch nichts aus.

Um Gleichgewicht in der Handhabung des Instruments zu erzielen, ist vorn am Rohr ein spezieller Griff angebracht. Vgl. Fig. 1—5.

fallen (bzw. -steigen), so bewegt sich der Visierstift dementsprechend in der gegensätzlichen Richtung, wobei er fortwährend die geforderte Entfernung von dem festen Stift einnimmt. In der Horizontalstellung erreicht diese Entfernung also ihr Maximum. Vgl. Fig. 6 und 10. — Es sei noch erwähnt, dass die Pendelachse $6^1/_2$ cm lang ist und dass die Pendelbewegung noch durch einen weiteren Kontrollbogen gesichert ist, so dass die ganze bewegliche Vorrichtung ausserordentlich genau und empfindlich funktioniert. Für den Nichtgebrauch kann der Pendel mittels einer Schraube arretiert werden. Der feste Visierstift ist seinerseits mit einer Korrektionsschraube versehen, so dass die erste Einstellung des Stifts beim Bau des Instruments exakt gemacht werden kann.

Die Tubuslänge bleibt also, wie ersichtlich, von der Höhenlage des Durchmessers unberührt und somit konstant für jeden Durchmesser und jeden horizontalen Grundabstand vom Baum.

Hieraus folgt weiter unmittelbar, dass die zwei obenerwähnten Aufgaben eines vollkommenen Dendrometers (vgl. S. 6) — was einstweilen den abzuschätzenden Durchmesser betrifft, — ohne weiteres durch das beschriebene Instrument gelöst werden.

Die Lösung der ersten Aufgabe geschieht einfach durch Anvisieren des Durchmessers in der gegebenen Stammhöhe auf die Weise, dass der Tubus vor dem Auge langsam zu einer solchen Länge ausgezogen wird, dass das Bild des fraglichen Durchmessers genau zwischen die Visierbacken fällt. Die der Standlinie entsprechende Tubusskala gibt sogleich das Mass des abgeschätzten Durchmessers an. Die zweite Aufgabe hinwieder löst man so, dass man erstens den Tubus bis zu der dem fraglichen Durchmesser und Horizontalabstand vom Baum entsprechenden Länge auszieht und zweitens mit dem so eingestellten Instrument den Stamm, z. B. von unten her beginnend und langsam nach oben gehend, anvisiert, bis dessen Bild genau zwischen die Backen fällt, welche Stammstelle somit dem gesuchten Durchmesser entspricht.

Nachdem die mittelbare Durchmesserermittlung gelöst war, bereitete es natürlicherweise keine Schwierigkeiten mehr, auch die mittelbare Höhenmessung mit demselben Instrument durchzuführen. Dies Problem wurde hier folgendermassen erledigt.

An dem beweglichen Pendel wurde eine Höhenskala von der Form eines Kreisbogens angefügt, die, der Tubusskala gemäss, mit zwei Mass-

stäben versehen wurde, der eine der 8- und der andere der 12-metrigen horizontalen Standlinie entsprechend. Vgl. Fig. 1—5 und 8.

In Fig. 4 sind die zwei Massstäbe und der zweiseitige, an dem Hauptrohr befestigte Skalenindex (vom Taxator aus gesehen) wiederzufinden. Fig. 8 veranschaulicht ihrerseits die Massstäbe, wie sie auf der gestreckten Skalenplatte eingeritzt sind. Auch diese Skala ist, wie gewöhnlich, sowohl für nach oben wie nach unten gerichtete Observationen geeignet. — Übrigens sei noch erwähnt, dass der Pendel an seinem unteren Ende in zur angefügten Höhenskala entgegengesetzter Richtung gebogen ist, um das vertikale Gleichgewicht für den Pendel zu erzielen. Das Pendelgewicht ist ausserdem für denselben Zweck, wie aus Fig. 1, 2 und 5 ersichtlich, mit einer diesbezüglichen Korrektionsschraube versehen.

Die Höhenmassstäbe sind nach folgenden einfachen trigonometrischen Überlegungen berechnet (vgl. Fig. 9 und 10 sowie S. 9—10).

Wird die Höhe von der wagrechten Grundlinie zu dem anvisierten Stammpunkt mit H, der Radius der Höhenskala mit R und die Länge des Kreisbogens der Höhenskala mit K bezeichnet, so hat man

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L}, \\ K = \pi R \frac{\alpha}{180}. \end{cases}$$

Bei dem vorliegenden Instrument ist $R = 75$ mm. Die Höhenmassstäbe gelten für 6 und 9 m unter sowie für 24 und 36 m über der Horizontallinie — in betreff der 8-, bzw. der 12-metrigen Standlinie. Vgl. Tabelle III.

Mit Hilfe dieses Höhenmessers können nun die obenangeführten zwei Dendrometeraufgaben auch für die Höhenschätzungen gelöst werden. Seiner Konstruktion nach arbeitet der Höhenmesser automatisch, und es brauchen somit nur die bezüglichen Ablesungen bei der Anwendung des Instruments in den fraglichen Fällen gemacht zu werden. Will man jedoch andere Standlinienlängen als die von 8 oder 12 m benutzen, so müssen noch entsprechende Höhenumrechnungen, wie auch betreffs der Rohrlänge, gemacht werden.

Z. B. beim Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme werden das Anvisieren des Durchmessers und die Ablesung der stets in der Rohrlinie vor dem Auge sich bewegenden Höhenskala momentan nacheinander gemacht; es braucht nur eine Neuakkommodierung der Augen zu geschehen, wenn vom Tubusinnern (Backeneinklemmungsobservation; rechtes Auge) zum Tubusäussern (Höhenablesung; linkes Auge) über-

gegangen wird, — hingegen ist dabei keine einzige Instrumenten- oder Gliederbewegung vonnöten.

Je eine Höhenablesung gilt — der Konstruktion des Hypsometers gemäss — für die Höhe von der Horizontallinie bis zu dem geschätzten Höhenpunkt. Die Höhe vom Bodenpunkt her ist somit, wenn dieser Punkt nicht auf der erwähnten Linie liegt, durch zwei Schätzungen (deren Ablesungen in bekannter Weise entweder zueinander addiert oder voneinander subtrahiert werden) gegeben. — Das Hypsometer kann selbstverständlich auch für blosse Höhenschätzungen ohne Durchmessermessungen angewendet werden.

Das Dendrometer kommt im allgemeinen nicht bloss für das Studium von absoluten Durchmesserwerten in Betracht. Auch Untersuchungen über r e l a t i v e Durchmesserwerte werden oft am bequemsten mit dem Dendrometer gelöst. Es sei nur z. B. das Verhältnis des Durchmessers in halber Stammhöhe zu dem Brusthöhendurchmesser oder das Aufsuchen des Pressler'schen Richtpunkts am Stamme, beide für wachsende Bäume, erwähnt.

Auch derartige indirekte Ermittlungsaufgaben löst das beschriebene Instrument mit grösster Leichtigkeit.

Man schätzt zuerst mit dem Höhenmesser die bezüglichen Höhenlagen. Danach zieht man den Tubus bis auf 10 Zoll der 8-metrigen Skala aus und sucht sich eine Stelle im Gelände, von wo bei dem Anvisieren mit dem Instrument das Bild des fraglichen Grunddurchmessers (z. B. des Brusthöhendurchmessers) genau zwischen die Backen fällt. Je grösser der Grunddurchmesser ist, desto weiter vom Baum wird der Taxator stehen, ohne dass er jedoch die Entfernung vom Baum zu kennen braucht. Hiernach hebt man das Rohr und visiert den Stamm bei den fraglichen Höhenlagen an durch weiteres Ausziehen des Rohrs, bis das Stammbild wieder zwischen die Backen fällt. Die Zollskala gibt hiernach sogleich die fraglichen relativen Dicken an.[1]

Handelt es sich zweitens darum festzustellen, in welcher Höhe ein im Verhältnis zum Grunddurchmesser bestimmterweise proportionierter Durchmesser liegt, so macht man die Untersuchung für die Höhenbestimmung in entgegengesetzter Ordnung, sonst so, wie weiter oben schon

[1] Ritzt man auf der Tubusseite noch eine arithmetische, zehngradige Skala ein, so kann man die fraglichen relativen Höhenlagen mit lotrecht hängendem Tubus in bekannter einfacher Weise bei beliebiger Entfernung ohne weiteres abschätzen.

in demselben Fall für die absolute Durchmesseraufsuchung dargelegt wurde, nur aber dem obenangeführten relativen Messungsverfahren angepasst.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die horizontale Entfernung zwischen Taxator und Baum nicht notwendigerweise direkt gemessen zu werden braucht, sondern dass die gewünschte Standlinie auch durch mittelbare Messung gesucht werden kann. Dies kann sowohl mittels des Höhen- wie des Stärkenmessers durchgeführt werden, leichter jedoch mit dem letzteren.

Man stellt eine kurze Ziellatte von sonst beliebiger Länge wagrecht an den Baum (z. B. eine gewöhnliche Durchmesserkluppe kann hierzu benutzt werden), zieht das Dendrometerrohr zu der der Ziellatte und der gewünschten horizontalen Standlinie entsprechenden Länge aus und sucht sich eine Stelle im Gelände, von wo das Lattenbild beim Anvisieren mit dem Instrument genau zwischen die Backen fällt. Die so gefundene Entfernung ist die gesuchte. — Zu beachten ist nur, dass die Standlinie winkelrecht der Ziellattenlinie entgegenlaufen wird, dagegen aber ist die Höhenlage der Latte am Baum sachlich, der Konstruktion des Stärkenmessers gemäss, beliebig.

Das für das neue Dendrometer aufgestellte Programm ist hiermit in allen Teilen durchgeführt.

Das Instrument löst sämtliche Dendrometeraufgaben theoretisch bindend.

Das Durchmesserwerk ist — abgesehen von dem Richten des Instruments gegen den anzuvisierenden Baum — nur einer einzigen Einstellung (der der Rohrlänge), das Höhenwerk keiner einzigen bedürftig. Beide Werke arbeiten in gewissen Hinsichten automatisch und ergänzen einander.

Für bestimmte Standlinien gelten sowohl die Durchmesser- wie die Höhenablesungen ohne irgendwelche Umrechnungen direkt. Die Ablesungen sind leicht von deutlich gradierten Skalen zu machen.

Das Instrument ist ein Freihandinstrument und besitzt dadurch alle Vorteile eines solchen Baummessers. Es akkommodiert sich gut auch für Bäume, die im Winde wehen. Seine Konstruktion ist einfach, es ist bequem zu handhaben, von kleinem Format, leicht transportabel, schnell anwendbar, empfindlich funktionierend und wenigstens für die Praxis hinreichend genau.

Tabelle I. **Die Durchmesserskala.**

Stamm-durchmesser cm	Standlinie: 8 m Diopterlänge mm	Standlinie: 12 m Diopterlänge mm	Stamm-durchmesser cm	Standlinie: 8 m Diopterlänge mm	Standlinie: 12 m Diopterlänge mm	Stamm-durchmesser cm	Standlinie: 8 m Diopterlänge mm	Standlinie: 12 m Diopterlänge mm
10	520,0	—	25	208,0	312,0	40	—	195,0
11	472,7	—	26	200,0	300,0	41	—	190,2
12	433,3	—	27	192,6	288,9	42	—	185,7
12,5	416,0	—	27,5	189,1	283,6	42,5	—	183,5
13	400,0	—	28	185,7	278,6	43	—	181,4
14	371,4	—	29	179,3	269,0	44	—	177,3
15	346,7	520,0	30	173,3	260,0	45	—	173,3
16	325,0	487,5	31	167,7	251,6	46	—	169,6
17	305,9	458,8	32	162,5	243,8	47	—	166,0
17,5	297,1	445,7	32,5	160,0	240,0	47,5	—	164,5
18	288,9	433,3	33	157,6	236,4	48	—	162,5
19	273,7	410,5	34	152,9	229,4	49	—	159,2
20	260,0	390,0	35	148,6	222,9	50	—	156,0
21	247,6	371,4	36	—	216,7	51	—	152,9
22	236,4	354,5	37	—	210,8	52	—	150,0
22,5	231,1	346,7	37,5	—	208,0	52,5	—	148,6
23	226,1	339,1	38	—	205,3	—	—	—
24	216,7	325,0	39	—	200,0	—	—	—

Engl. Zoll	mm		Engl. Zoll	mm		Engl. Zoll	mm	
4	511,8	—	9 1/2	215,5	323,2	15	—	204,7
4 1/2	454,9	—	10	204,7	307,1	15 1/2	—	198,1
5	409,4	—	10 1/2	195,0	292,5	16	—	191,9
5 1/2	372,2	—	11	186,1	279,2	16 1/2	—	186,1
6	341,2	511,8	11 1/2	178,0	267,0	17	—	180,6
6 1/2	315,0	472,4	12	170,6	255,9	17 1/2	—	175,5
7	292,5	438,7	12 1/2	163,8	245,7	18	—	170,6
7 1/2	273,0	409,4	13	157,4	236,2	18 1/2	—	166,0
8	255,9	383,9	13 1/2	151,6	227,5	19	—	161,6
8 1/2	240,9	361,3	14	—	219,3	19 1/2	—	157,4
9	227,5	341,2	14 1/2	—	211,8	20	—	153,5

Tabelle II. **Die Kosinuskurve.**

Elevationswinkel °	Länge des Kreisbogens für den Radius 25 mm	Verkleinerung des Backenabstands
	mm	
0	0	0
10	4,36	0,10
20	8,73	0,39
30	13,09	0,87
40	17,45	1,52
50	21,82	2,32
60	26,18	3,25
70	30,54	4,28
72° 4′ 48″	31,45	4,50

Tabelle III. **Die Höhenskala.**

Höhe	Standlinie 8 m			Standlinie 12 m		
	Tangente des Elevationswinkels	Elevationswinkel	Länge des Kreisbogens für den Radius 75 mm	Tangente des Elevationswinkels	Elevationswinkel	Länge des Kreisbogens für den Radius 75 mm
m		° ′	mm		° ′	mm
0	0	0° 0′	0	0	0° 0′	0
1	0,1250	7° 8′	9,4	0,0833	4° 46′	6,2
2	0,2500	14° 2′	18,4	0,1667	9° 28′	12,4
3	0,3750	20° 33′	26,9	0,2500	14° 2′	18,4
4	0,5000	26° 34′	34,8	0,3333	18° 26′	24,2
5	0,6250	32° 0′	41,9	0,4167	22° 37′	29,6
6	0,7500	36° 52′	48,2	0,5000	26° 34′	34,8
7	0,8750	41° 11′	53,9	0,5833	30° 15′	39,6
8	1,0000	45° 0′	58,9	0,6667	33° 41′	44,1
9	1,1250	48° 22′	63,2	0,7500	36° 52′	48,2
10	1,2500	51° 20′	67,2	0,8333	39° 48′	52,1
11	1,3750	53° 58′	70,7	0,9167	42° 31′	55,7
12	1,5000	56° 19′	73,7	1,0000	45° 0′	58,9
13	1,6250	58° 24′	76,4	1,0833	47° 17′	61,9
14	1,7500	60° 15′	78,9	1,1667	49° 24′	64,7
15	1,8750	61° 56′	81,1	1,2500	51° 20′	67,2
16	2,0000	63° 26′	83,0	1,3333	53° 8′	69,5
17	2,1250	64° 48′	84,8	1,4167	54° 47′	71,7
18	2,2500	66° 2′	86,5	1,5000	56° 19′	73,7
19	2,3750	67° 10′	87,9	1,5833	57° 43′	75,5
20	2,5000	68° 12′	89,3	1,6667	59° 2′	77,3
21	2,6250	69° 9′	90,5	1,7500	60° 15′	78,9
22	2,7500	70° 1′	91,7	1,8333	61° 23′	80,3
23	2,8750	70° 49′	92,7	1,9167	62° 27′	81,8
24	3,0000	71° 34′	93,7	2,0000	63° 26′	83,0
26	—	—	—	2,1667	65° 14′	85,4
28	—	—	—	2,3333	66° 48′	87,5
30	—	—	—	2,5000	68° 12′	89,3
32	—	—	—	2,6667	69° 27′	90,9
34	—	—	—	2,8333	70° 34′	92,4
36	—	—	—	3,0000	71° 34′	93,7

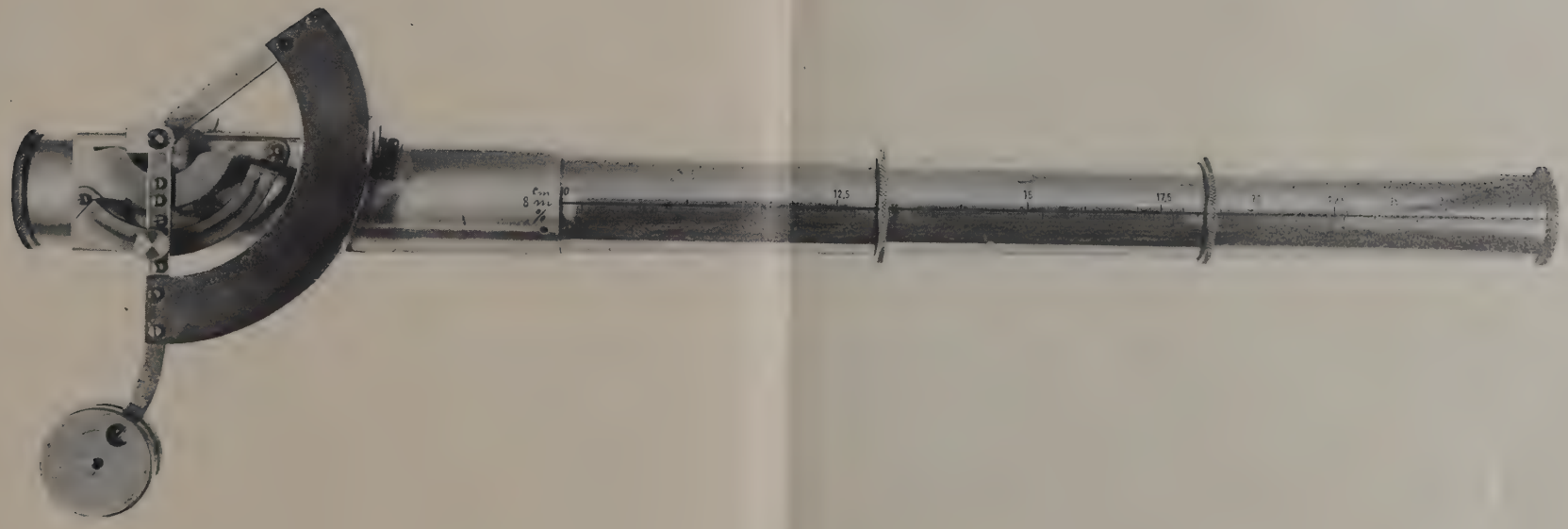


Fig. 1

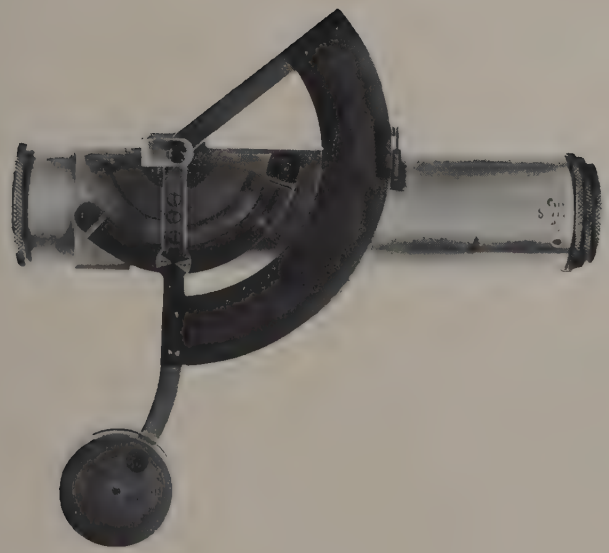


Fig. 2

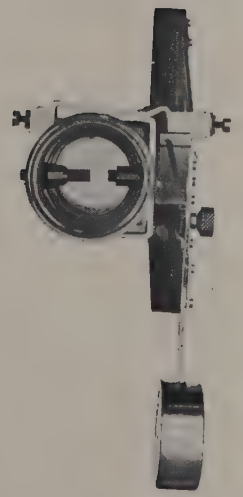


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

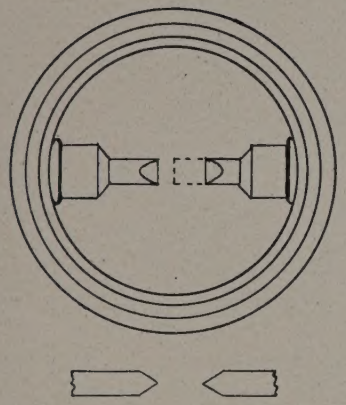


Fig. 6

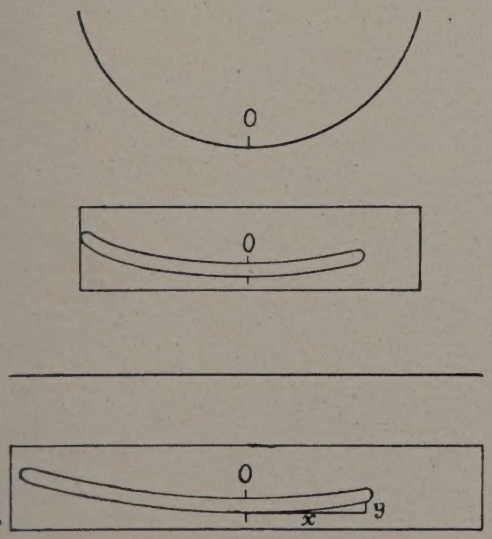


Fig. 7

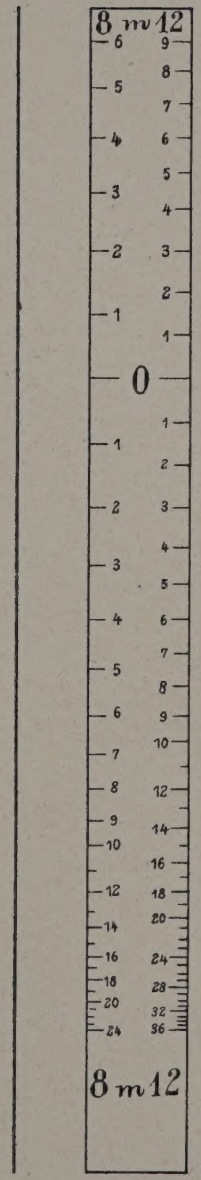


Fig. 8

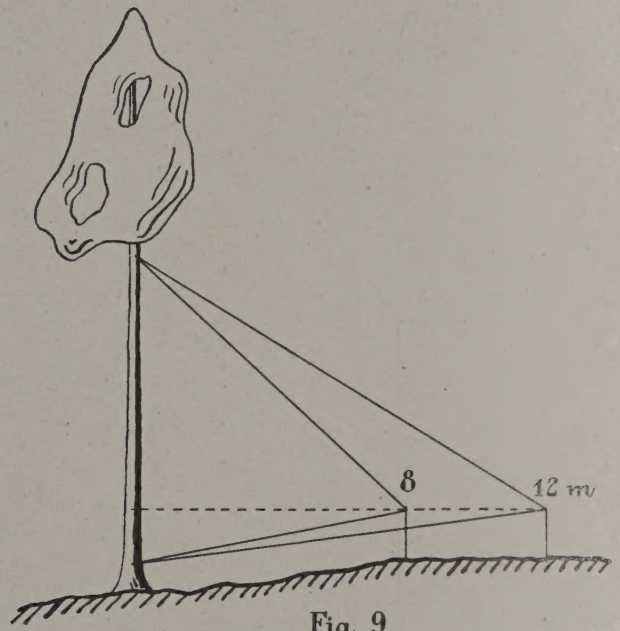


Fig. 9

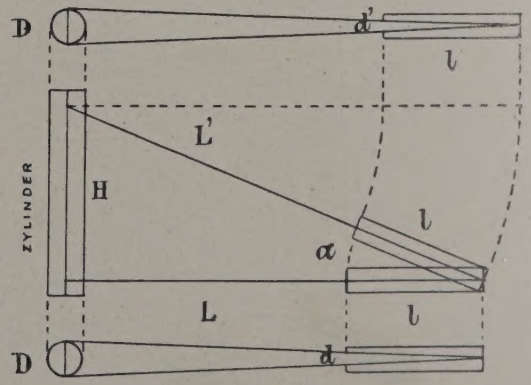


Fig. 10